不列颠图解科学丛书

岩石和矿物

Britannica Illustrated Science Library

中国农业出版社

岩石和矿物

不列颠图解科学丛书

欢迎登录：中国农业出版社网站
www.ccap.com.cn

ENCYCLOPÆDIA Britannica

ISBN 978-7-109-17465-8
9 787109 174658 >
定价: 50.00元

岩石和矿物

不列颠图解科学丛书

Encyclopædia Britannica, Inc.

中国农业出版社

图书在版编目（CIP）数据

岩石和矿物 / 美国不列颠百科全书公司编著；朱建廷译. -- 北京：中国农业出版社, 2012.12

（不列颠图解科学丛书）

ISBN 978-7-109-17465-8

Ⅰ. ①岩… Ⅱ. ①美… ②朱… Ⅲ. ①岩石学—普及读物②矿物学—普及读物 Ⅳ. ①P5-49

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第309946号

Britannica Illustrated Science Library

Rocks and Minerals

© 2012 Editorial Sol 90
All rights reserved.

Portions © 2012 Encyclopædia Britannica, Inc.

ENCYCLOPÆDIA Britannica®

www.britannica.com

Photo Credits: Corbis, ESA, Getty Images, Graphic News, NASA, National Geographic, Science Photo Library

Illustrators: Guido Arroyo, Pablo Aschei, Gustavo J. Caironi, Hernán Cañellas, Leonardo César, José Luis Corsetti, Vanina Farías, Joana Garrido, Celina Hilbert, Isidro López, Diego Martín, Jorge Martínez, Marco Menco, Ala de Mosca, Diego Mourelos, Eduardo Pérez, Javier Pérez, Ariel Piroyansky, Ariel Roldán, Marcel Socías, Néstor Taylor, Trebol Animation, Juan Venegas, Coralia Vignau, 3DN, 3DOM studio, Jorge Ivanovich, Fernando Ramallo, Constanza Vicco, Diego Mourelos

不列颠图解科学丛书

岩石和矿物

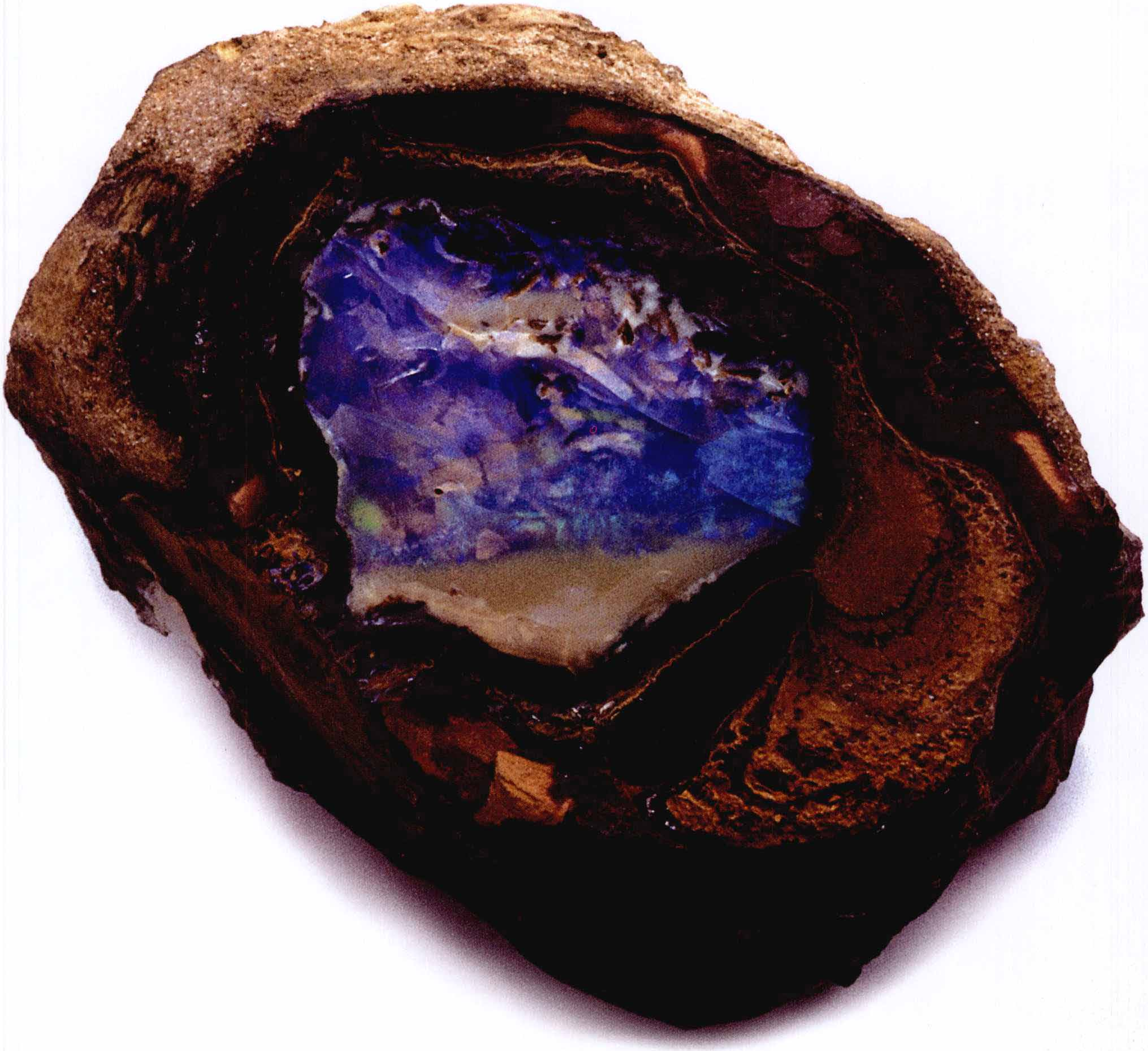
© 2012 Encyclopædia Britannica, Inc.
Encyclopædia Britannica, Britannica, and the thistle logo are registered trademarks of Encyclopædia Britannica, Inc.
All right reserved.
本书简体中文版由Sol 90和美国不列颠百科全书公司授权中国农业出版社于2012年翻译出版发行。
本书内容的任何部分，事先未经版权持有人和出版者书面许可，不得以任何方式复制或刊载。
著作权合同登记号：图字 01-2010-1417 号

安徽理工大学图書馆 藏書

编　　著：美国不列颠百科全书公司
项 目 组：张　志　刘彦博　杨　春
策划编辑：刘彦博
责任编辑：刘彦博　黎春花　贾　彬
翻　　译：朱建廷
译　　审：张鸿鹏
设计制作：北京亿晨图文工作室（内文）；惟尔思创工作室（封面）
出　　版：中国农业出版社
（北京市朝阳区农展馆北路2号 邮政编码：100125　编辑室电话：010-59194987）
发　　行：中国农业出版社
印　　刷：北京华联印刷有限公司
开　　本：889mm × 1194mm 1/16
印　　张：6.5
字　　数：200千字
版　　次：2013年3月第1版　2013年3月北京第1次印刷
定　　价：50.00元

版权所有 翻印必究　（凡本版图书出现印刷、装订错误，请向出版社发行部调换）

岩石和矿物



目录

地壳运动

第6页

矿物

第18页

岩石的形成和转化

第40页

岩石的种类

第60页

岩石及矿物的用途

第76页

首页图片

一块中间嵌有蓝色蛋白石的石头，它是时间的产物，历经数百万年才得以形成。

地球的记忆

岩石，就像飞机上的黑匣子，内部蕴含着关乎过去的重要信息。岩石无处不在，在群山中的山洞里、混杂在地质褶皱中，亦或位于海洋、湖泊的底部，它们始终保持着过去时代的遗迹。通过对岩石的研究，我们能够重构地球的历史。即使是最不起眼的岩石，也能够生动讲述过往年代的故事。自宇宙伊始它们就出现了。40亿年前，岩石是环绕太阳的尘埃云团和各种气体的组成部分。它们一直默默见证着地球经历的种种沧桑巨变，它们深知冰川时代的冰雪严寒、地球内

沙山

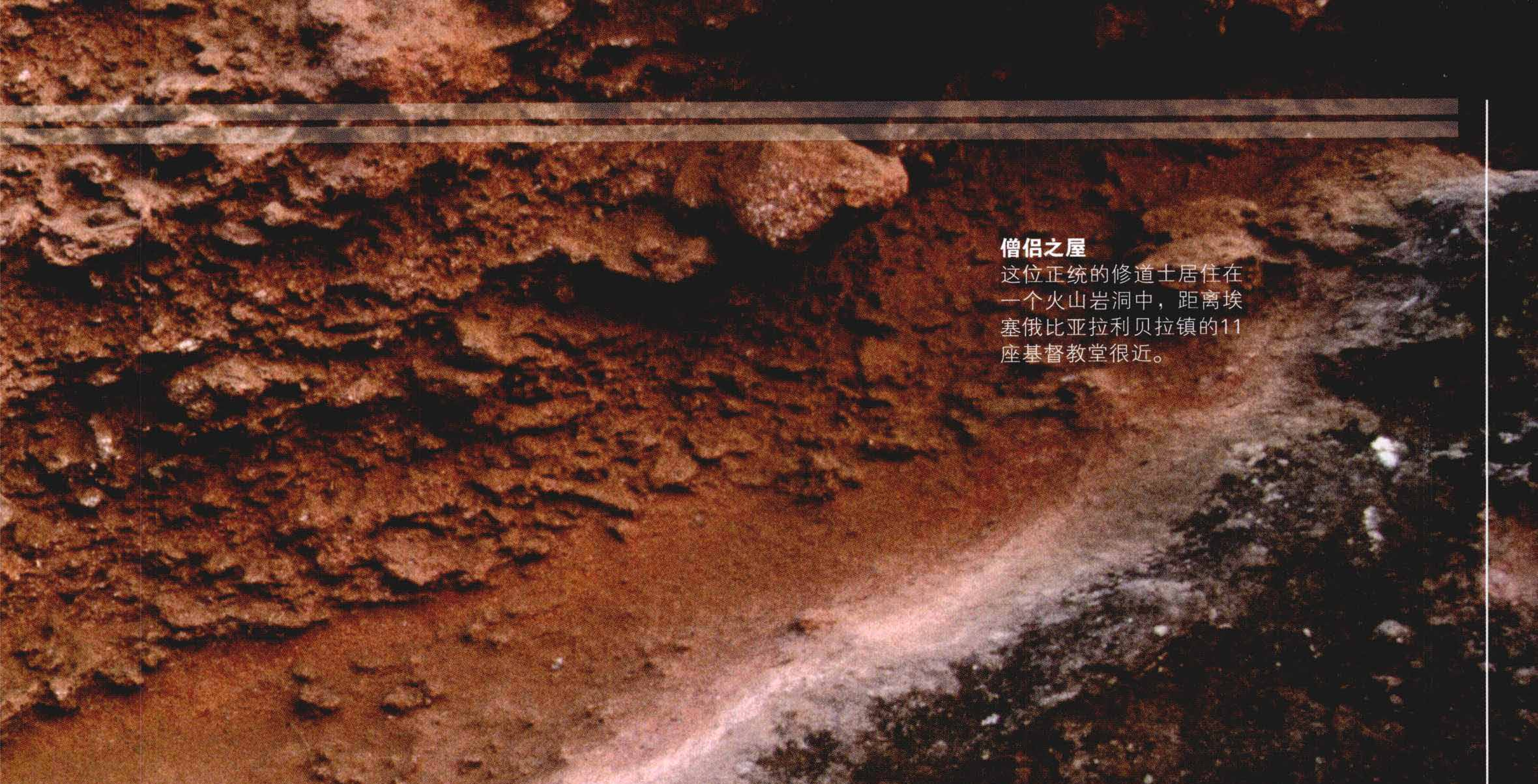
美国亚利桑那州科克斯克鲁峡谷包含一系列丰富的地形、颜色和地质结构。那里的沙子呈现出从粉色到黄色、红色等不同的颜色，这取决于其接受阳光照射情况。

穿越时光 8–11
形成中的星球 12–13
变化的表层 14–15
岩石的前身——矿物 16–17

后变成沉积岩。这种岩石的形成周期永无止境。据今所知，5 000万年来，没有一座山的状态是一成不变、始终如一的。●

地壳运动

地球就像一台巨大的搅拌机，岩石在其中不断滚动、碎裂，碎片慢慢沉淀，形成不同的地层。随后，大自然的风化和雨水侵蚀作用使地表的岩石磨损变形，形成高山、悬崖、沙丘以及其他地貌。沉积的材料形成沉淀层，最



僧侣之屋
这位正统的修道士居住在一个火山岩洞中，距离埃塞俄比亚拉利贝拉镇的11座基督教堂很近。

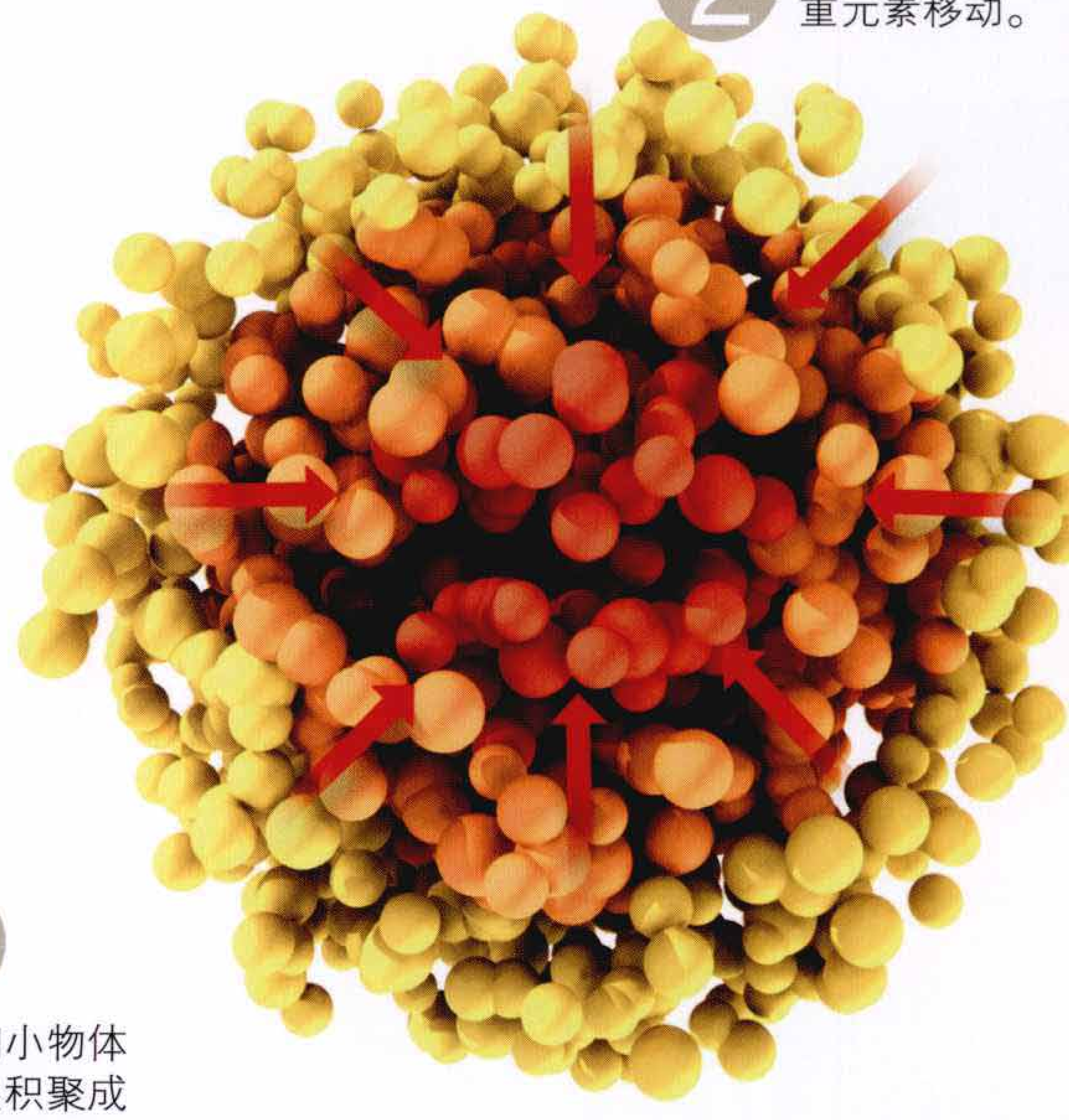
部的炎炎酷热以及海洋的惊涛骇浪，它们保存着亿万年来风、雨、冰雪和温度变化等诸多外部力量一刻不停地对地表进行改变的大量信息。

在各种古代文明中，岩石象征着永恒，这种理念贯穿古今。岩石似乎是一种永恒的存在，但它们也会经历反复循环再生。5 000万年前，世间的一切都和我们现在所看到的不同，安第斯山脉、喜马拉雅山脉以及撒哈拉沙漠都是如此。岩石的风化和侵蚀作用虽然很缓慢，但是却从未停止。这颠覆了我们关于地球的外部特征是不变的想法。未来又会发生怎样的变化呢？现在我们一无所知，唯一可以确定的是，岩石还会一直存在，而且岩石的化学成分、形状和纹理还将提供关于历史地质事件及地表情况的各种线索。从本书的字里行间，从极富视觉冲击力的插图中，你将看到关于岩石的解读和关于各种常见自然力量的丰富信息，并有机会认识各种最重要的矿物，了解它们的理化特性和形成环境。

你知道吗，许多人类生活必不可少的矿物都来源于地壳和海洋。在地壳中发现的煤炭、石油和天然气使我们能够开车去旅行和进行家庭采暖。事实上，我们周围的所有产品都有岩石和矿物元素的参与，例如：铝用于生产啤酒罐；铜用于生产电力电缆；钛以及其他耐用金属混合物用于制造宇宙飞船……毫不夸张地说，你手中的这本书充满了妙趣横生、丰富实用的信息，千万不要错过！

穿越时光

地质学家和古生物学家通过对各种物质的分析，再现地球的历史。他们发现，地球表层的岩石、矿物和化石隐藏着地壳最深处的数据信息，它们也是与气候、大气变化与重大灾难有关的证据所在。陨石造成的陨坑以及地表的其他物体也能提供有关地球历史的珍贵信息。●



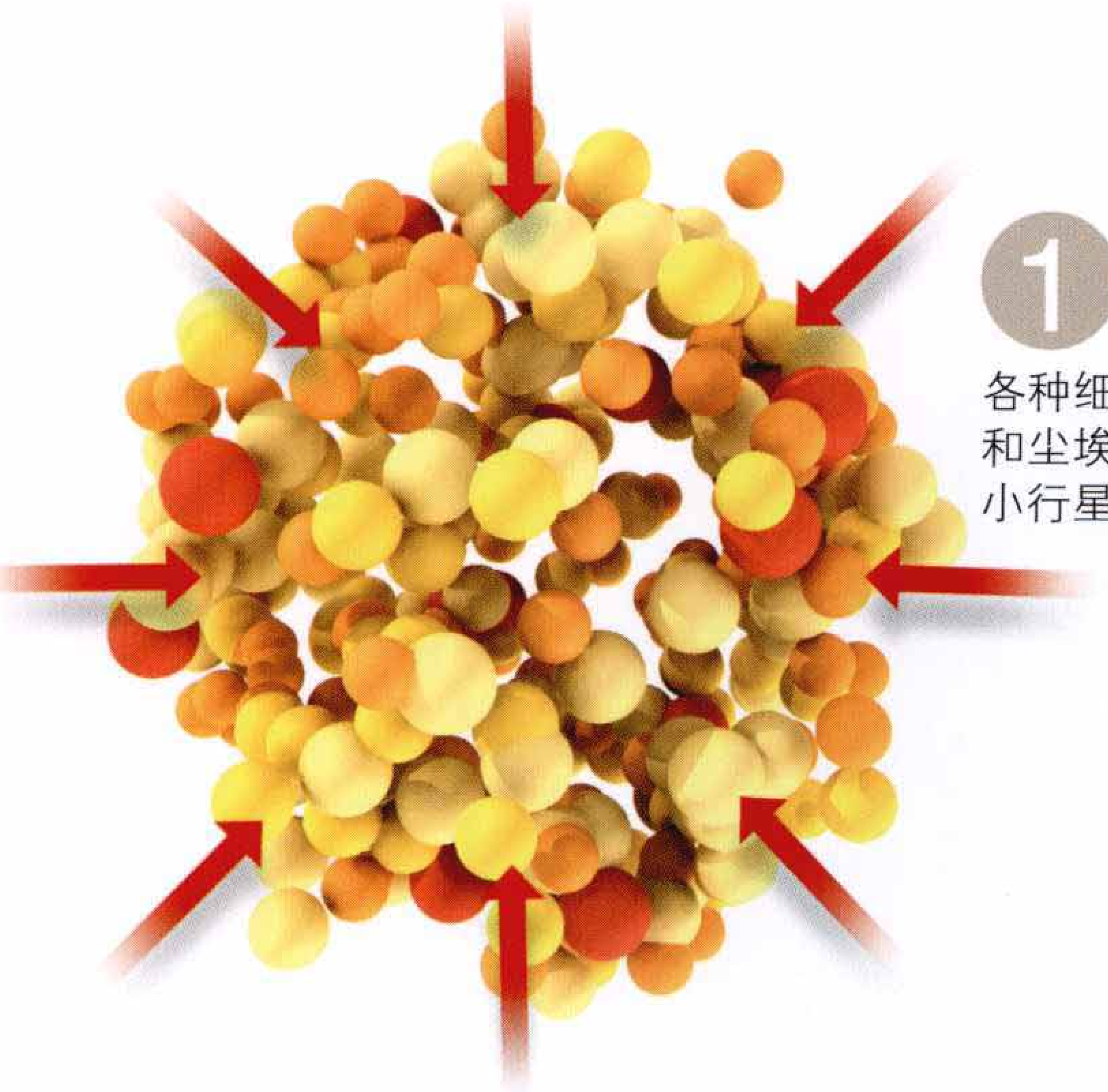
2 碰撞和融合

重元素移动。

复杂的结构

内部构成

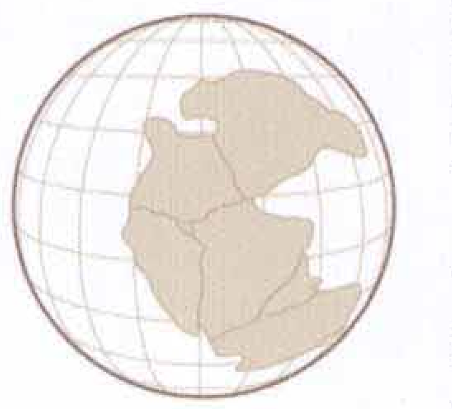
宇宙物质开始累积，形成一个演化的天体，它就是地球的前身。高温与重力结合，导致最重的元素移动到地球中间，较轻的元素则移动到地球表面。在流星雨的作用下，外部各层逐渐聚合到一起，形成地壳。其中心的各种金属（例如铁）则凝结到炽热的地核中。



1 各种细小物体和尘埃积聚成小行星大小。

形成各种最古老的矿物，如锆石。

各种最古老的岩石发生变质作用，形成片麻岩。



1 100

形成早期的超大陆——罗迪尼亚。

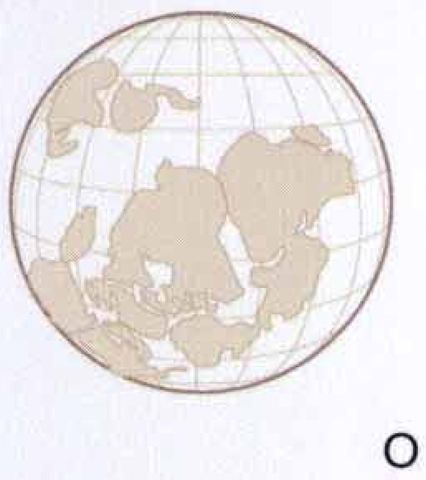
一颗流星陨落在加拿大安大略省萨德伯里市。

百万年	4 600	2 500
代	冥古代	原生代
纪	前地质时期	前寒武纪
世		

气候

在流星雨过后开始固结。

地球冷却，形成第一个大洋。



2 500

冰期：白色的地球

地球经历首次大规模的全球性冷冻时期（冰期）。

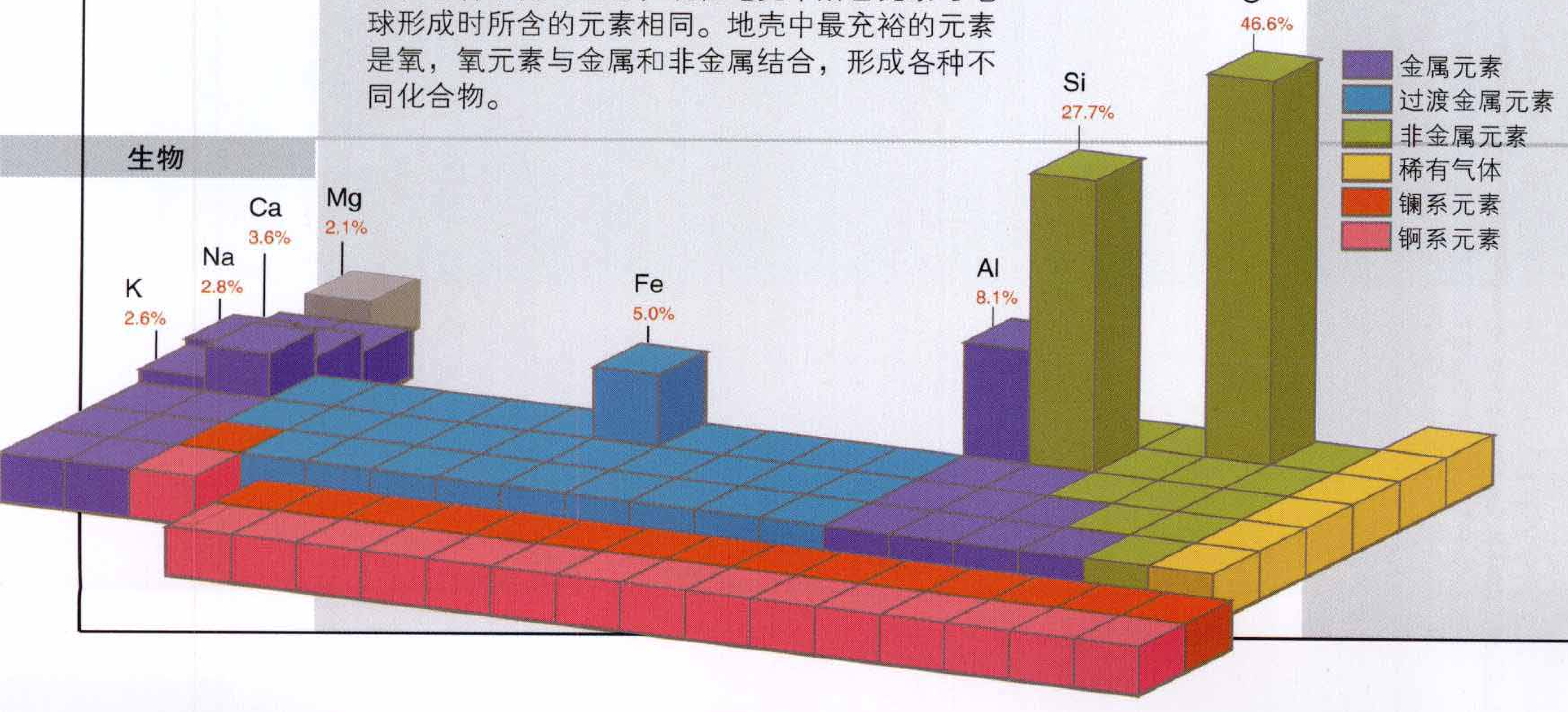
800 第二次冰期

600 最后一次大规模冰期

按照元素周期表显示的各种元素

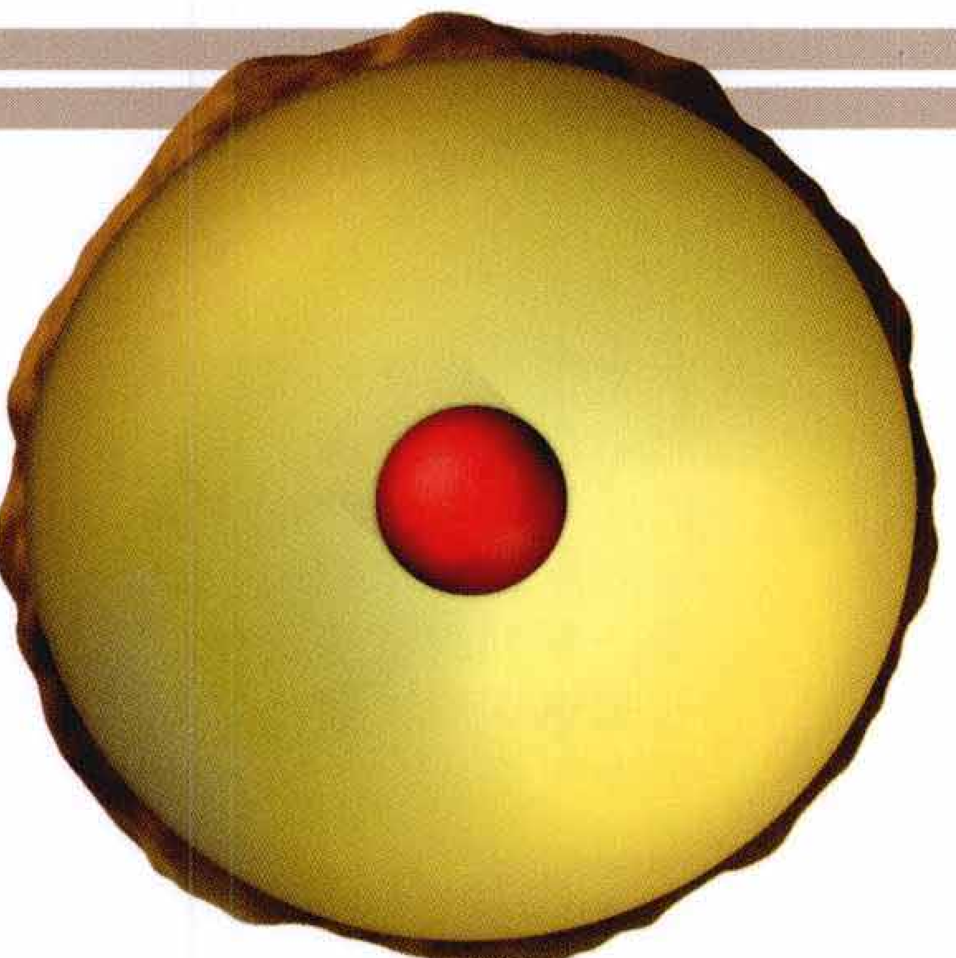
存在各种不同的组合，现在地壳中所含元素与地球形成时所含的元素相同。地壳中最充裕的元素是氧，氧元素与金属和非金属结合，形成各种不同化合物。

生物



最初的动物

前寒武纪时期最神奇的化石是地球最早的已知动物群落——埃迪卡拉动物群的遗体。它们居住在大洋的底部，大部分为圆形，形状像水母；其他的是扁平的，呈薄片状。



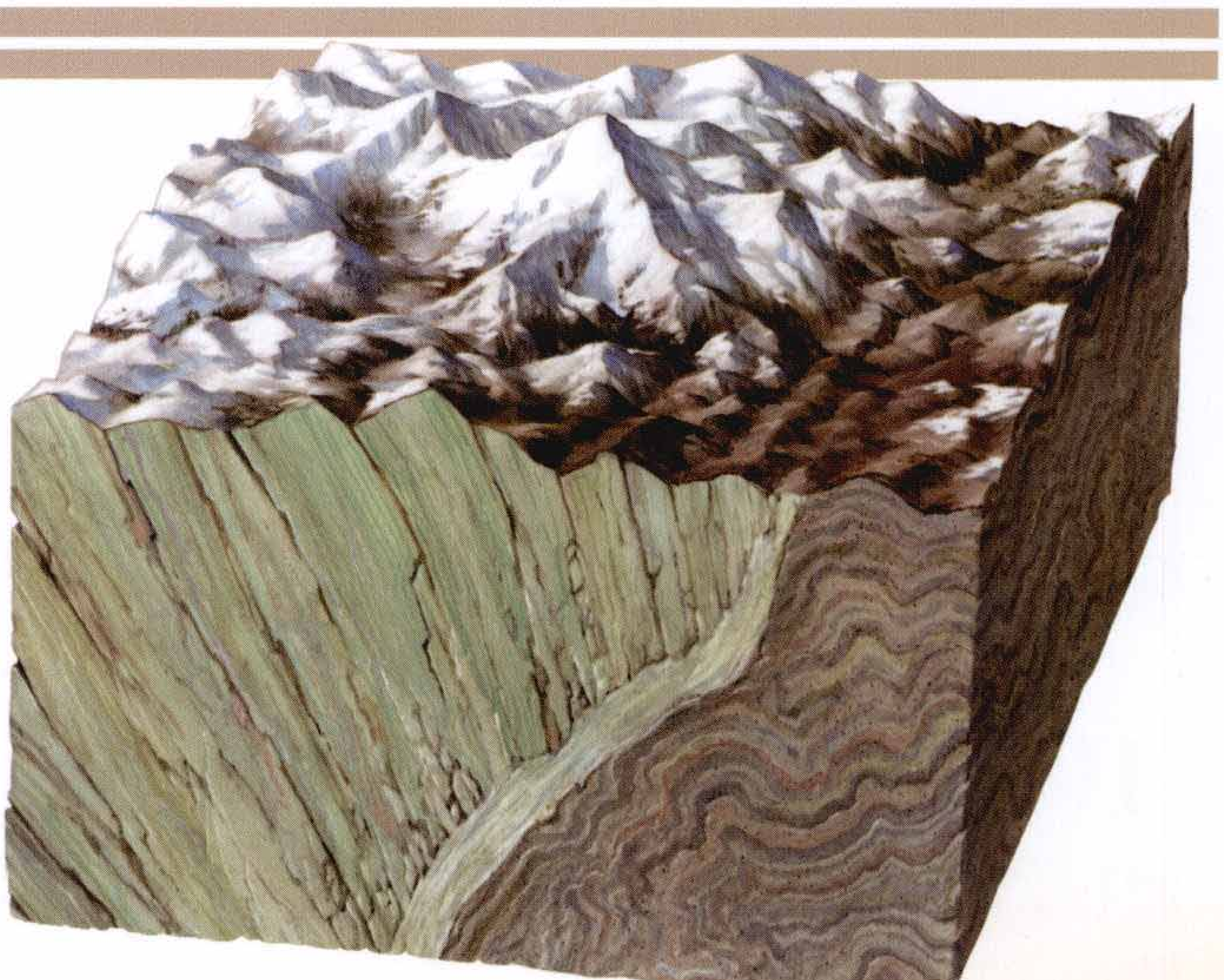
3 金属核心

轻元素形成地幔。

地核

地核非常热，主要成分是铁和镍。

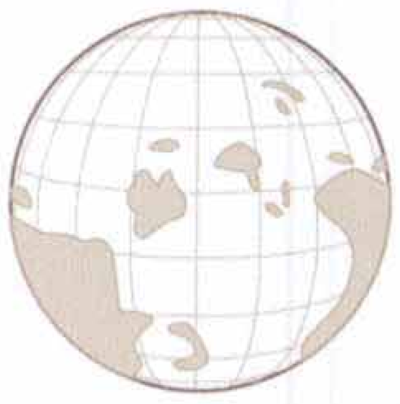
山　脉



是地壳的表层褶皱，由地球内部产生的巨大外力推动形成。

542

潘诺西亚超大陆形成，包含了目前大陆的一些部分。北美大陆从潘诺西亚超大陆分离。



造山运动

地质史上将山脉密集形成的很长一段时期（历史数百万年）称为造山运动时期。每一次造山运动都以其独特的原料和位置为标志。

首次大规模造山运动（加里东褶皱）开始。冈瓦纳古陆向南极方向移动。

劳伦西亚大陆和波罗的海大陆碰撞，形成加里东山系。片麻岩构成了苏格兰海岸。

将形成后来的北美大陆的地区，向赤道方向运动，开始了最重要的石炭纪地层的发育。冈瓦纳大陆缓慢移动，大洋板块也以同样的速度延伸。

各大洲的碎片组合构成一个独立的大陆，称为泛古陆。

阿巴拉契亚山脉形成。通过在该山脉顶峰的沉积，形成页岩。

波罗的海板块和西伯利亚板块碰撞，形成乌拉尔山脉。

西伯利亚发生玄武岩喷发。

542	488.3	443.7	416	359.2	299

古生代（原生生物代）

寒武纪	奥陶纪	志留纪	泥盆纪	石炭纪	二叠纪
温度降低。大气中的二氧化碳含量比现在高16倍。	通常认为，在奥陶纪，大气中二氧化碳的含量远低于现在，其温度变化范围与现在类似。	到这个时期，带下颌骨的脊椎动物、盾皮鱼、硬骨鱼和棘鱼类都已经出现。	天气通常比现在暖和，氧气含量达到最大值。	炎热、潮湿的气候使沼泽地区产生了茂盛的森林。	在以前森林生长的地方形成了我们现在看到的最大的碳沉积。

寒武纪生物爆炸式发展

这个时期的化石证明了海洋动物的巨大多样性，出现了不同类型的骨骼结构，例如海绵动物和三叶虫的骨骼结构。

三叶虫

带有矿化的外骨骼的海洋节肢动物。

志留纪

最早期的鱼类脊椎动物之一，无下颌的有鳞鱼。

这个时期的岩石中含有大量的鱼类化石。

坚实的地表地区生长着巨大的蕨类植物。

从一个两栖动物门，衍生出多种两栖动物和爬行动物，并衍生出首批脊椎动物。出现了有翼类昆虫，如蜻蜓。

棕榈树和针叶树取代了石炭纪时期的植被。

集群绝灭

临近二叠纪末期，在已知最大的集群绝灭中，大约95%的海洋生物和67%以上的陆地生物灭绝了。

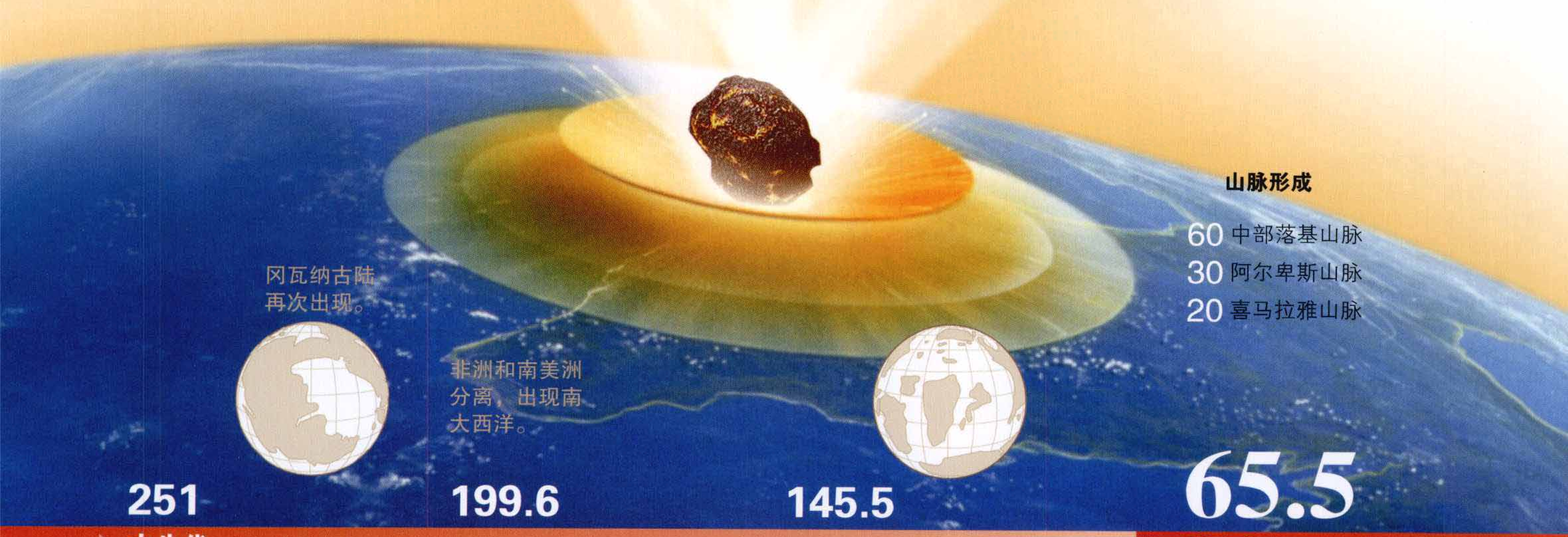
外界的影响

大约6 500万年前，一颗巨大的流星陨落在尤卡坦半岛（墨西哥）的希克苏鲁伯，造成大爆炸，产生了大量尘埃，它们与碳岩混合在一起。一些专家认为，撞击产生的岩屑落回到地球上时引发了一场全球性的大火灾。

此次撞击造成的碎片膨胀所产生的热量，与平流层尘埃弥漫产生的温室效应共同作用，引发了一系列的气候变化。正是这次气候变化导致恐龙灭绝。

100千米

该流星在尤卡坦半岛造成的陨坑直径为100千米。陨坑现在埋藏在石灰岩下面3千米深处。



山脉形成

60 中部落基山脉

30 阿尔卑斯山脉

20 喜马拉雅山脉

冈瓦纳古陆再次出现。

非洲和南美洲分离，出现南大西洋。

251	199.6	145.5	65.5	
中生代 爬行动物时代			**新生代** 哺乳动物时代	
三叠纪	侏罗纪	白垩纪	早第三纪	
			古新世	始新世

大气中二氧化碳的含量增加。平均温度高于现在的水平。

大气中的氧气含量远低于今天。

有花植物时代

白垩纪末期出现了被子植物——种子被保护在子房里的开花、结果的植物。

全球平均温度至少为17℃。覆盖南极洲的冰层后来增厚。

昆虫繁盛

恐龙出现

兽孔目爬行动物进化为最早的哺乳动物。

鸟类出现

恐龙经历适应性分散

异龙

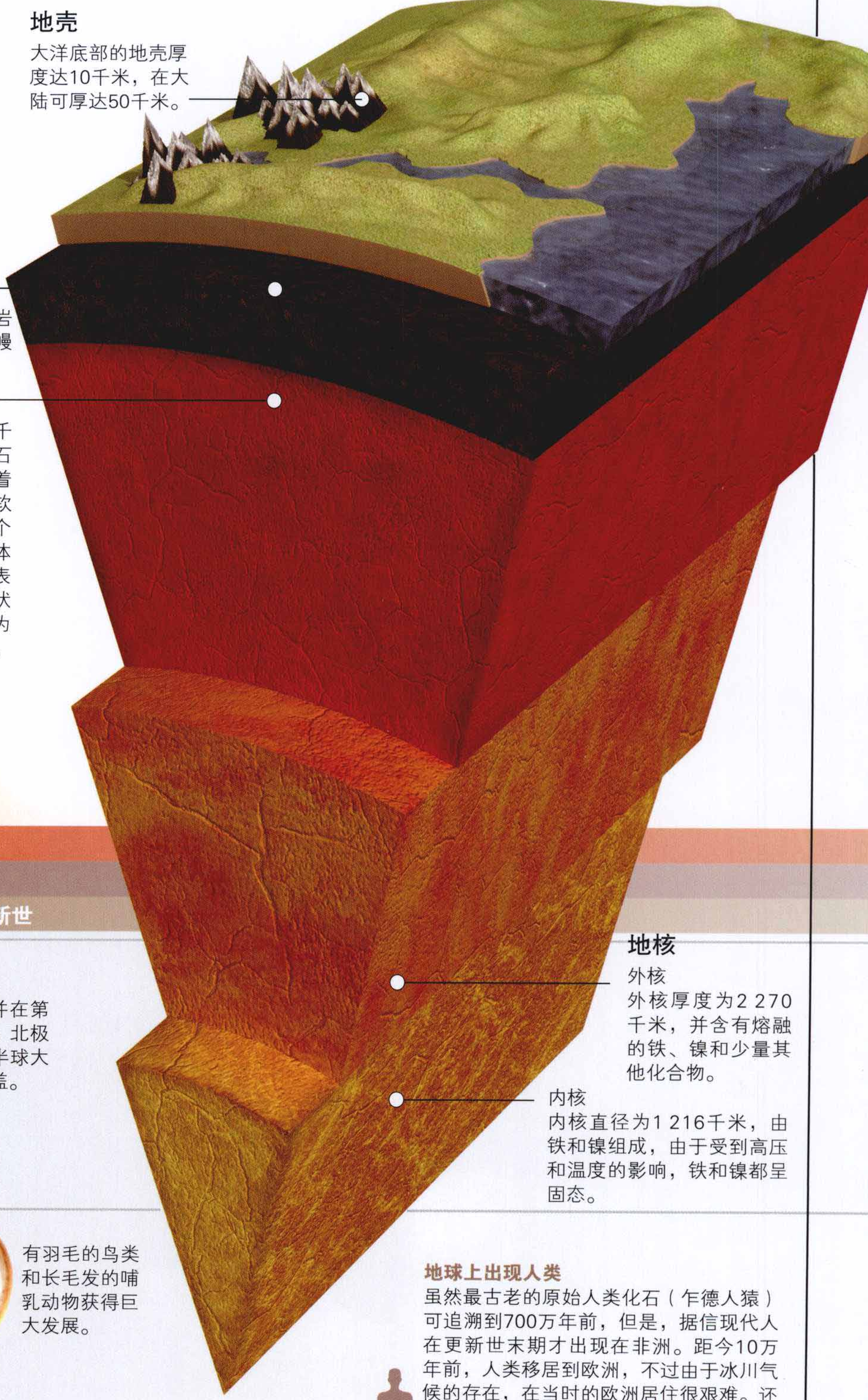
这种食肉动物长达12米。

再次发生集群绝灭

白垩纪末期时，大约50%的物种消失了。恐龙、大型海生爬行动物（如蛇颈龙）、飞行生物（如翼龙）、菊石类动物（头足纲软体动物）从地球上消失。到了新生代早期，这些灭绝物种的大部分栖息地逐渐被哺乳动物占据。

元素平衡

在地壳的各主要部分，矿物的分布非常广泛，如硅酸盐和铁等。只有地壳熔融的地幔发生运动时，这种平衡才会被打破。



北美大陆和欧洲大陆漂移分离，南美大陆和北美大陆在本纪末期连接到了一起。巴塔哥尼亚高原成功形成，这是一个重要的上冲断层作用，抬升了安第斯山脉。

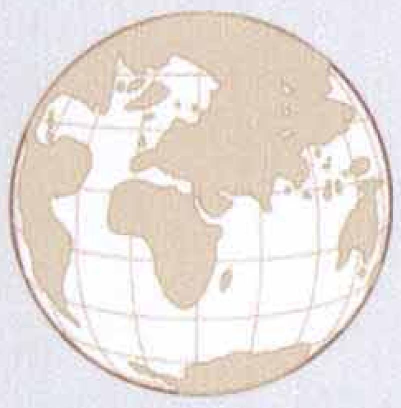
非洲裂谷区和红海开始形成。印度原始大陆与欧亚大陆碰撞。

23

新第三纪

渐新世 | 中新世 | 上新世 | 更新世 | 全新世

温度下降到与今天相似的水平。温度降低导致森林减少，草原扩张。



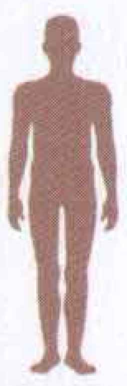
最后一次冰川作用

始于300万年前，并在第四纪初始时期加强。北极冰川前移，造成北半球大部分地区被冰层覆盖。

有羽毛的鸟类和长毛发的哺乳动物获得巨大发展。

猛犸象

曾经生活在西伯利亚，其灭绝原因至今存在争议。



地球上出现人类

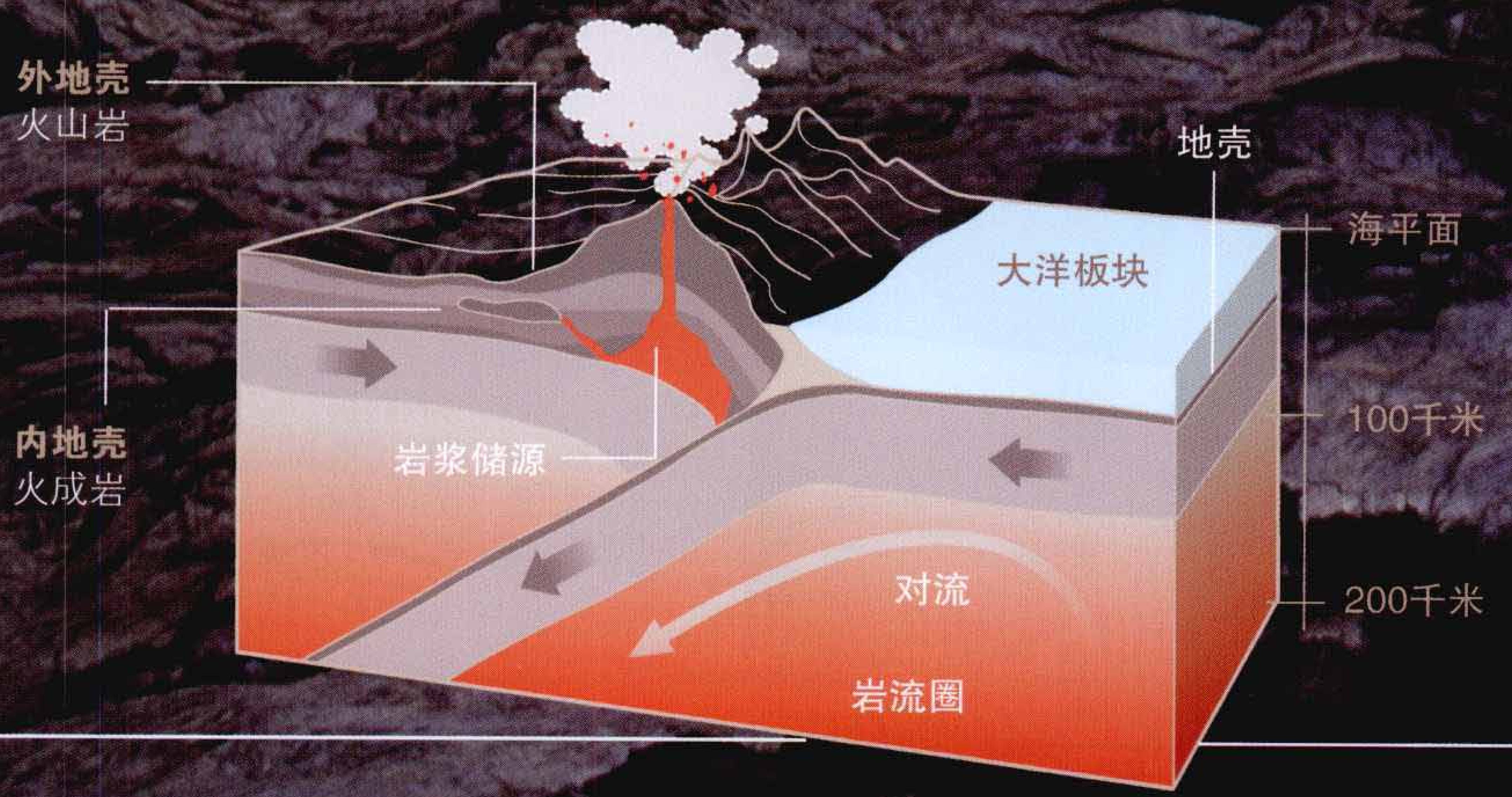
虽然最古老的原始人类化石（乍德人猿）可追溯到700万年前，但是，据信现代人在更新世末期才出现在非洲。距今10万年前，人类移居到欧洲，不过由于冰川气候的存在，在当时的欧洲居住很艰难。还有一种假设，我们的祖先在大约1万年前穿过现在的白令海峡，到达过美洲大陆。

形成中的星球

我们的星球并不是一成不变的，而是一个时刻处在变化中的系统。我们每时每刻都能感受到它的活动：火山喷发、地震、地表形成新岩石，所有这些现象都源于地球内部的变化。地质学的分支学科——内部地球动力学——专门研究此类现象。该学科分析各种地质变化过程，例如大陆漂移、均衡运动等，它们由地壳的运动产生，进而形成了地表大面积的上升和下沉。地壳运动还为新岩石的形成创造了条件，这种运动也影响了岩浆作用（能凝固形成火成岩的各种原料的熔融过程）和变质作用（能形成变质岩的各种固体原料所产生的一系列变化）。

岩浆作用

当地幔或地壳内的温度达到一定程度，最低熔点的矿物开始熔化时，岩浆就产生了。因为岩浆没有其周围固态物质的密度高，所以会上升、冷却并开始结晶。当此过程发生在地壳内部时，就会形成火成岩或侵入岩，如花岗岩；如果此过程发生在地壳外部，就会形成火山岩或喷发岩，如玄武岩。

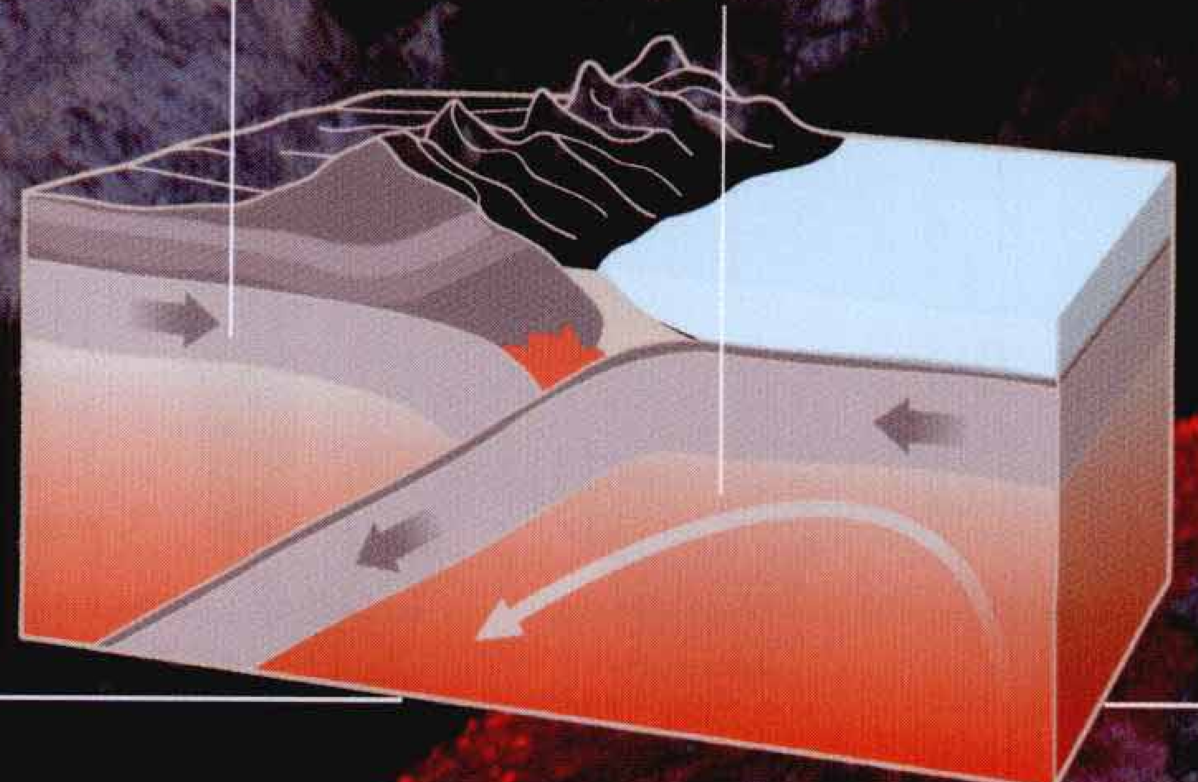


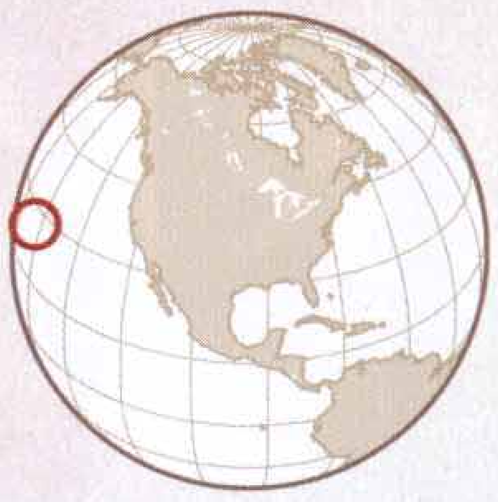
变质作用

压力和（或）温度升高会让岩石具有可塑性，使各种矿物变得不稳定。然后，这些岩石会和周围的物质发生化学反应，产生各种不同的化合作用，从而形成新的岩石。这类岩石称为变质岩，代表性的变质岩有大理石、石英岩和片麻岩。

压力
压力作用使得原有的岩石和周围的矿物互相融合，生成新的变质岩。

温度
高温使得岩石具有可塑性，其所含的各种矿物质变得不稳定。





基拉韦厄火山口

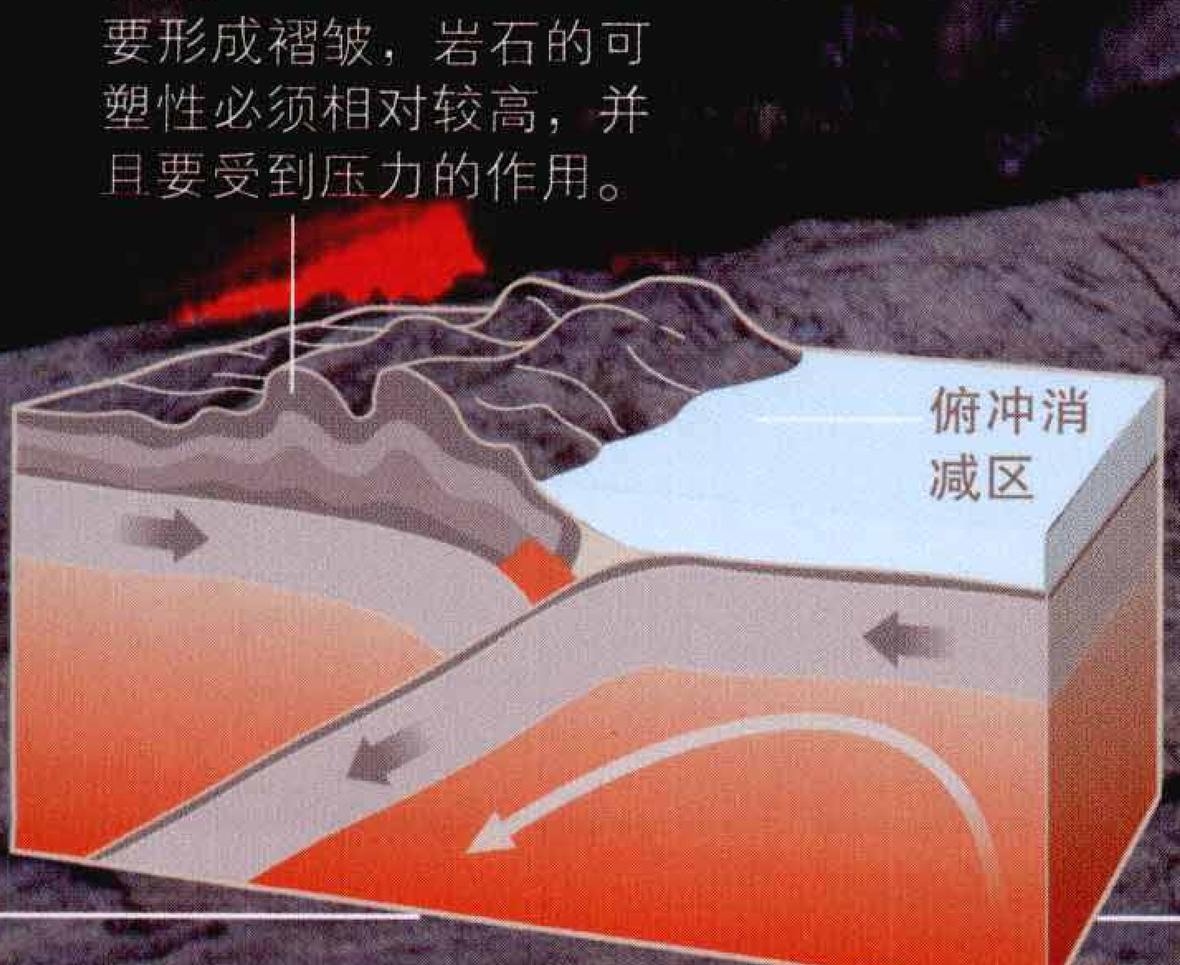
夏威夷

北纬：19°
西经：155°

褶皱作用

地壳虽然是固体，但构成地壳的物质却是有可塑性的。地球的各种强大作用力对构成地壳的物质施加压力，使岩石产生褶皱以及地面的上升或下降。当大面积褶皱发生时，会形成山脉或山系。褶皱运动主要发生在各个俯冲消减区。

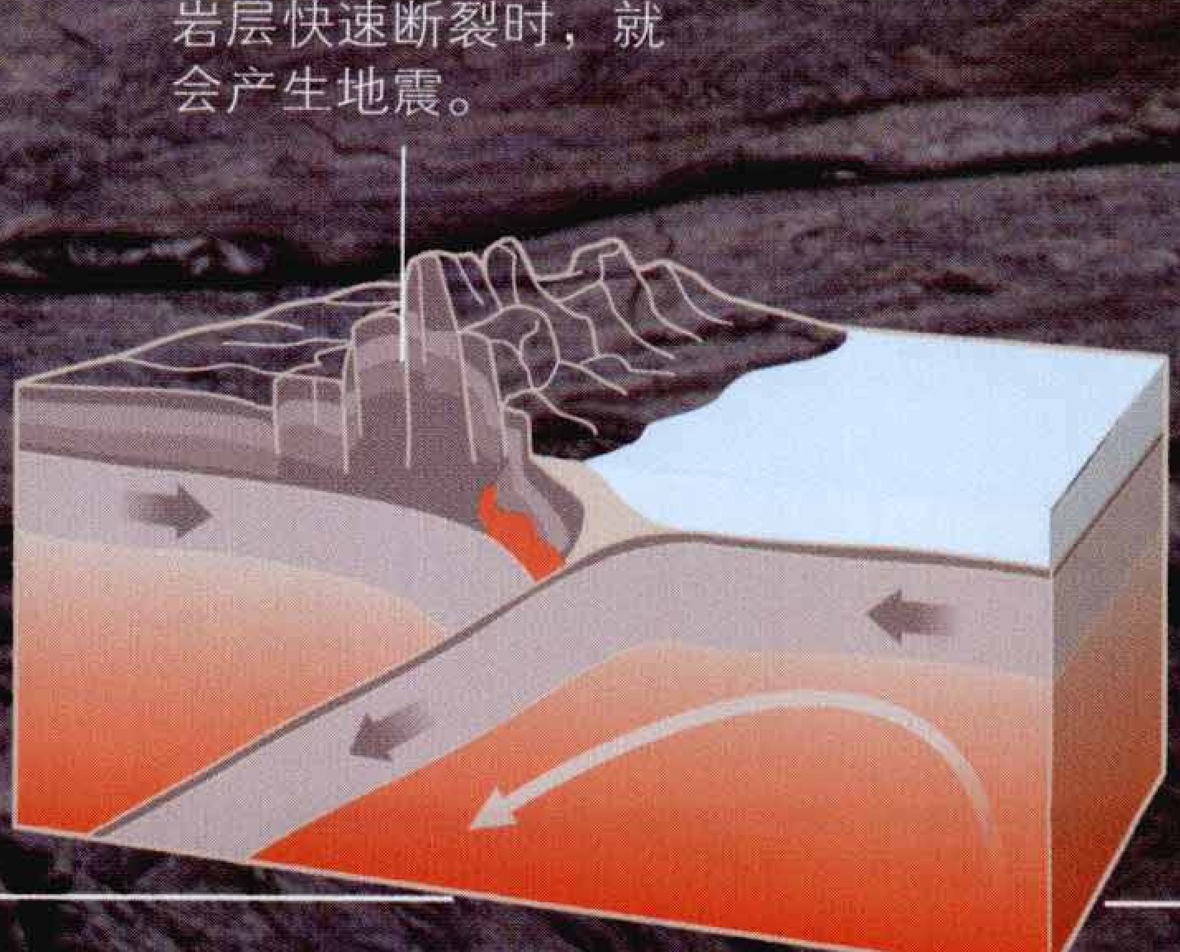
褶皱
要形成褶皱，岩石的可塑性必须相对较高，并且要受到压力的作用。



断裂作用

岩石所受外力过于强大时，岩石的可塑性就会遭到破坏并发生开裂，产生断裂：节理和断层。如果这种过程发生得特别突然，就会产生地震。节理是裂隙和裂缝，而断层是板块相对于断裂面的平行错位。

断裂
岩层快速断裂时，就会产生地震。

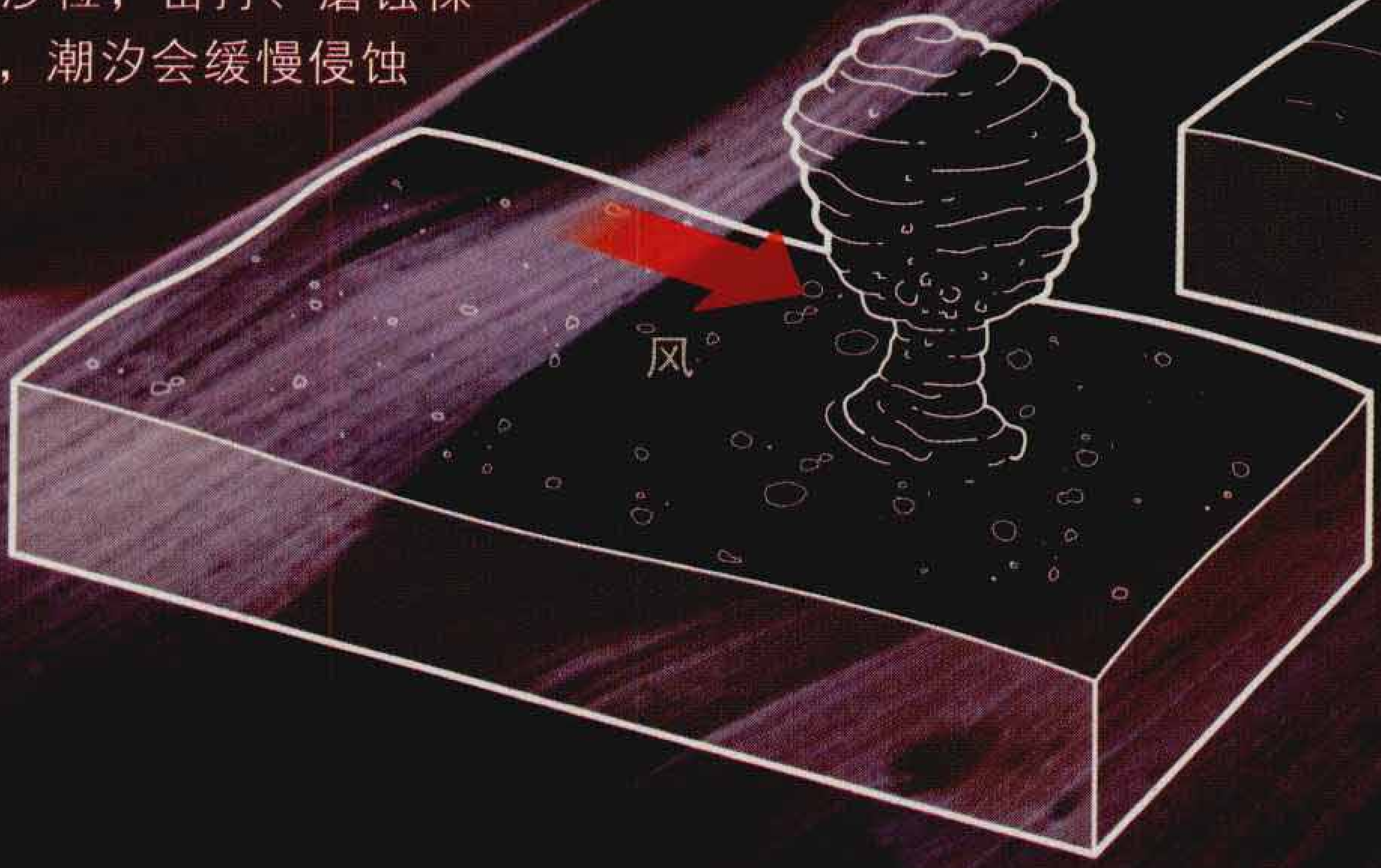


变化的表层

地壳的成型是风化和侵蚀这两种巨大破坏力量的产物。通过这两个过程的综合作用，岩石融合、分解，然后再次融合。各种活体的作用，尤其是植物根系和挖穴动物，也与这些地质过程形成合力。一旦构成岩石的矿物结构受到破坏，遭受风雨的侵蚀，矿物就会分解。

侵蚀

外部力量（如水、风、空气和生物）单独作用或共同作用，使岩石表面磨损，碎片剥落或被运走，这种过程就是侵蚀。在干燥地区，风力吹走沙粒，击打、磨蚀裸露的岩石。在海边，潮汐会缓慢侵蚀岩石。

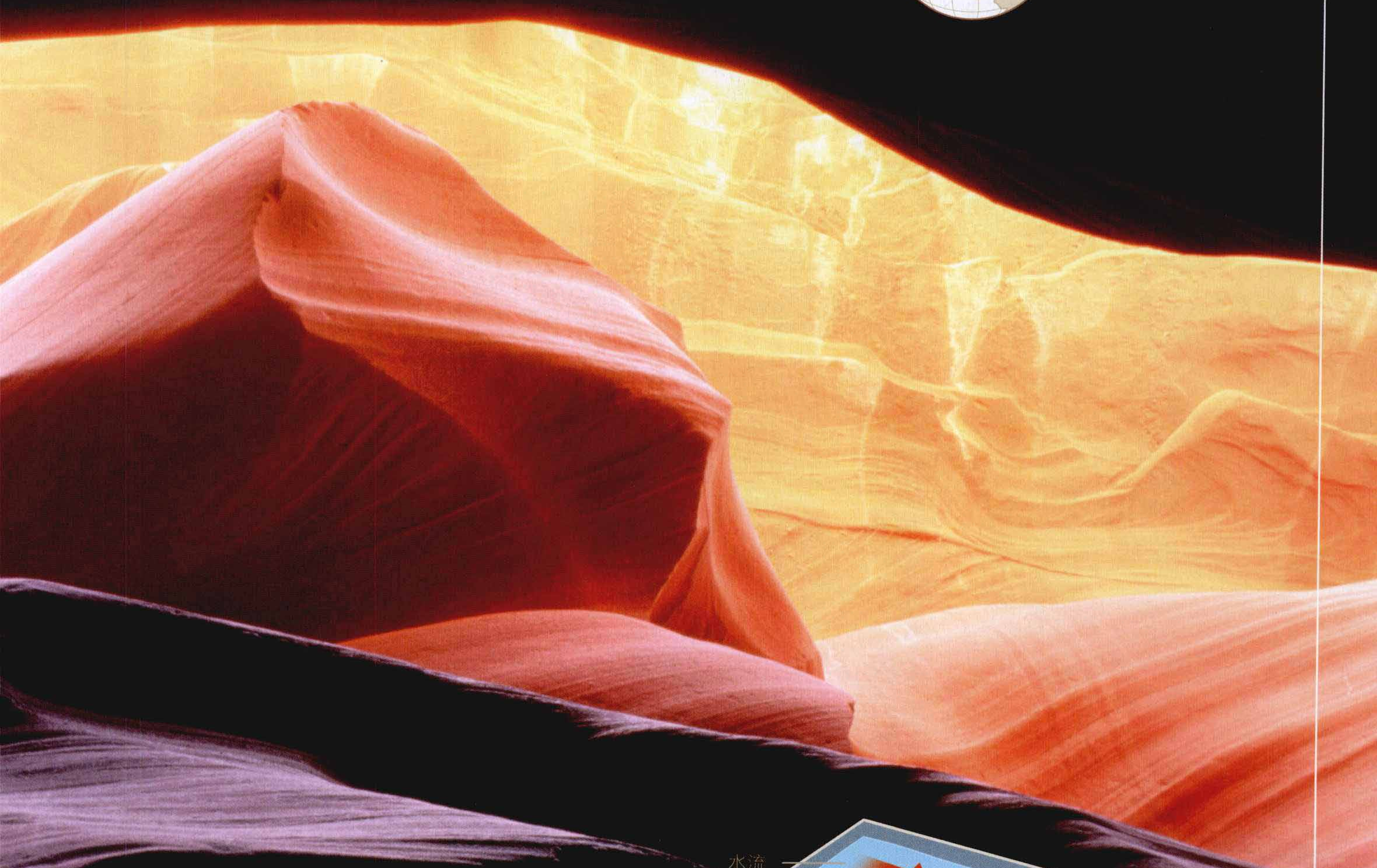


风蚀过程

风将细小的颗粒吹向岩石，使得岩石磨蚀，产生新的颗粒大小不同的黄土或黄沙。

水蚀过程

各种不同的流水缓慢磨蚀岩石表面，冲走松散的颗粒。从岩石表面冲走的颗粒的大小取决于水流的流量和速度。大流量、高流速的水能够冲走较大的颗粒。



科克斯克鲁峡谷

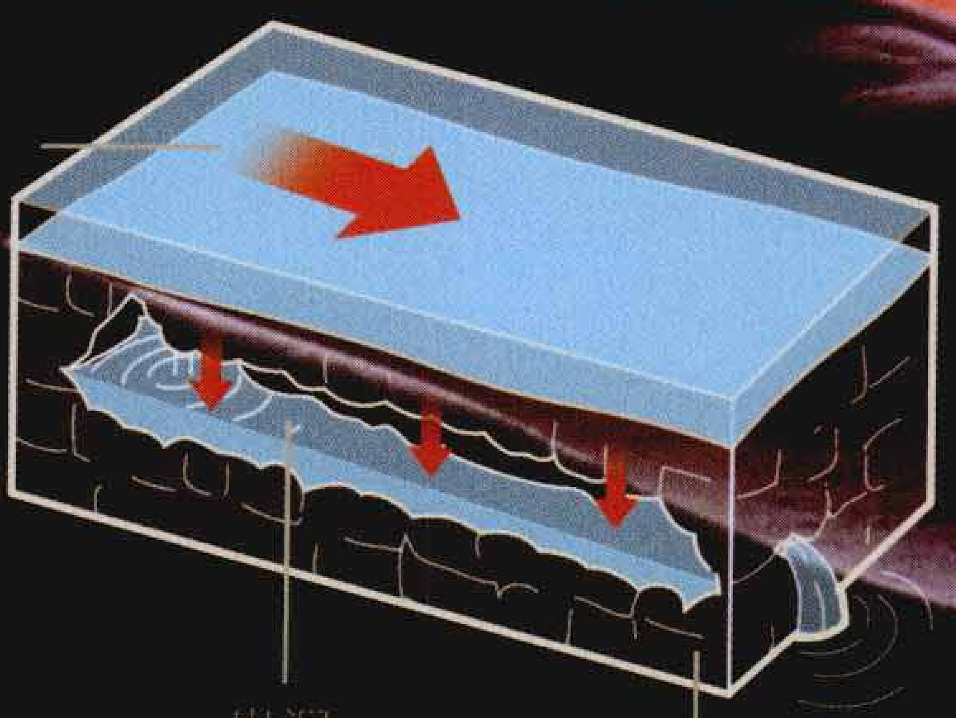
美国 亚利桑那州
北纬：36° 30’
西经：111° 24’

风化

机械作用能使岩石碎裂，而化学作用则能将岩石分解。植物根系、炎热和寒冷的气候、风和酸雨等都能导致风化和分解。岩石的风化是一个缓慢但无可避免的过程。

化学过程

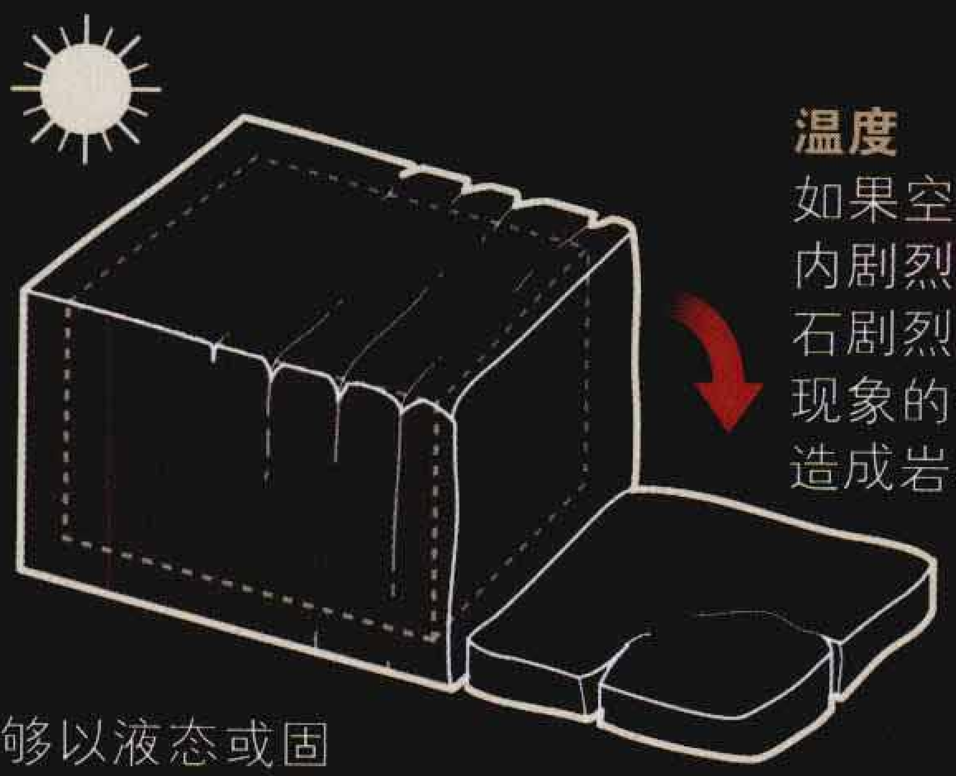
岩石的矿物成分被改变，变成新的矿物或消散在溶液中。



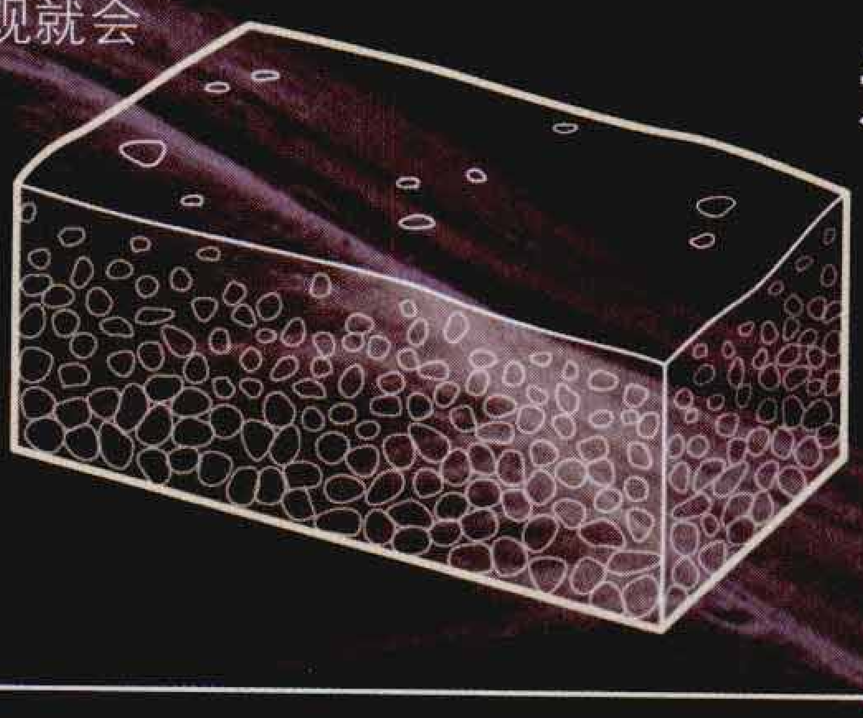
机械过程

各种外力作用会将岩石碎片分解成更小的碎片，方法是直接作用于岩石，或将岩石表面的碎片运走。

水
水能够以液态或固态的形式进入岩石裂缝，引起岩石的膨胀和破碎。



温度
如果空气温度在几个小时内剧烈变化，就会引起岩石剧烈膨胀和收缩。这种现象的每日反复出现就会造成岩石破裂。



运输和沉淀

在此过程中，被风或水侵蚀的物质会被带走，并在较低海拔处沉积，这些新的沉积在一段时间之后可能变成新的岩石。

岩石的前身——矿物

我们居住的地球可以看作是一块巨大的岩石，或者更准确地说，是一个由多种岩石组成的巨大球体。此类岩石由一种或多种物质形成的小碎片构成，这些物质就是不同的化学元素相互作用产生的矿物，而化学元素在一定的压力和温度下能够保持稳定。岩石和矿物是地质学的分支学科——岩石学和矿物学的研究对象。

1 200万年前

在火山活动的剧烈时期形成了岩石岩基，产生了托雷德裴恩及其群峰。

托雷德裴恩国家公园
智利巴塔哥尼亚
南纬：52° 20′
西经：71° 55′

成分	花岗岩
最高峰	Paine Grande（3 050米）
面积	242公顷

托雷德裴恩国家公园位于智利，地处安第斯山脉和巴塔哥尼亚草原之间。

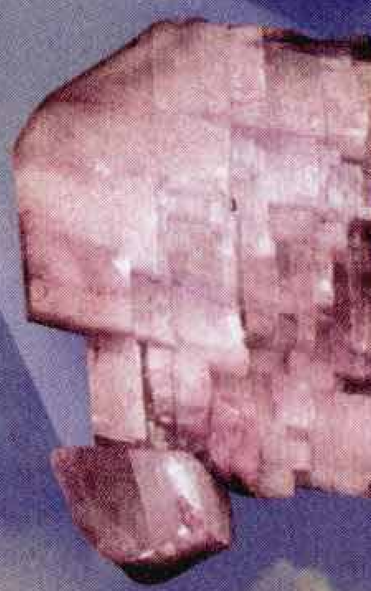
从矿物到岩石

从化学的视角来看，矿物是一种均质性物质，岩石则是由不同的化学物质构成的，而这些化学物质又是矿物的构成成分。岩石的矿物成分也是山脉的矿物成分。从这个角度来看，岩石与矿物是可以区分的。

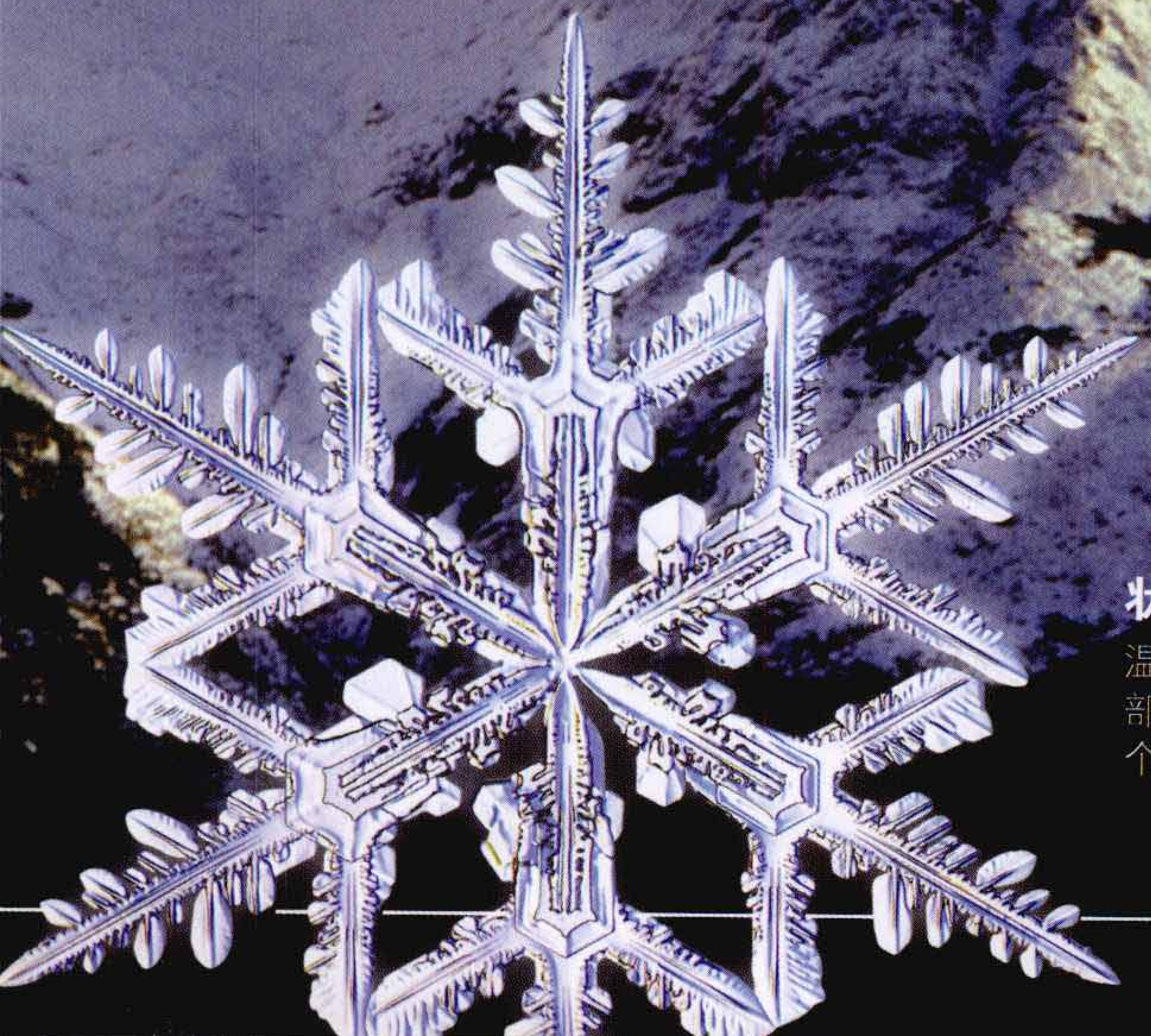
花岗岩
由长石、石英和云母构成的岩石。

石英
由硅石构成，石英使岩石呈现为白色。

云母
由薄而有光泽的硅、铝、钾和其他矿物片层构成，云母呈黑色或无色。

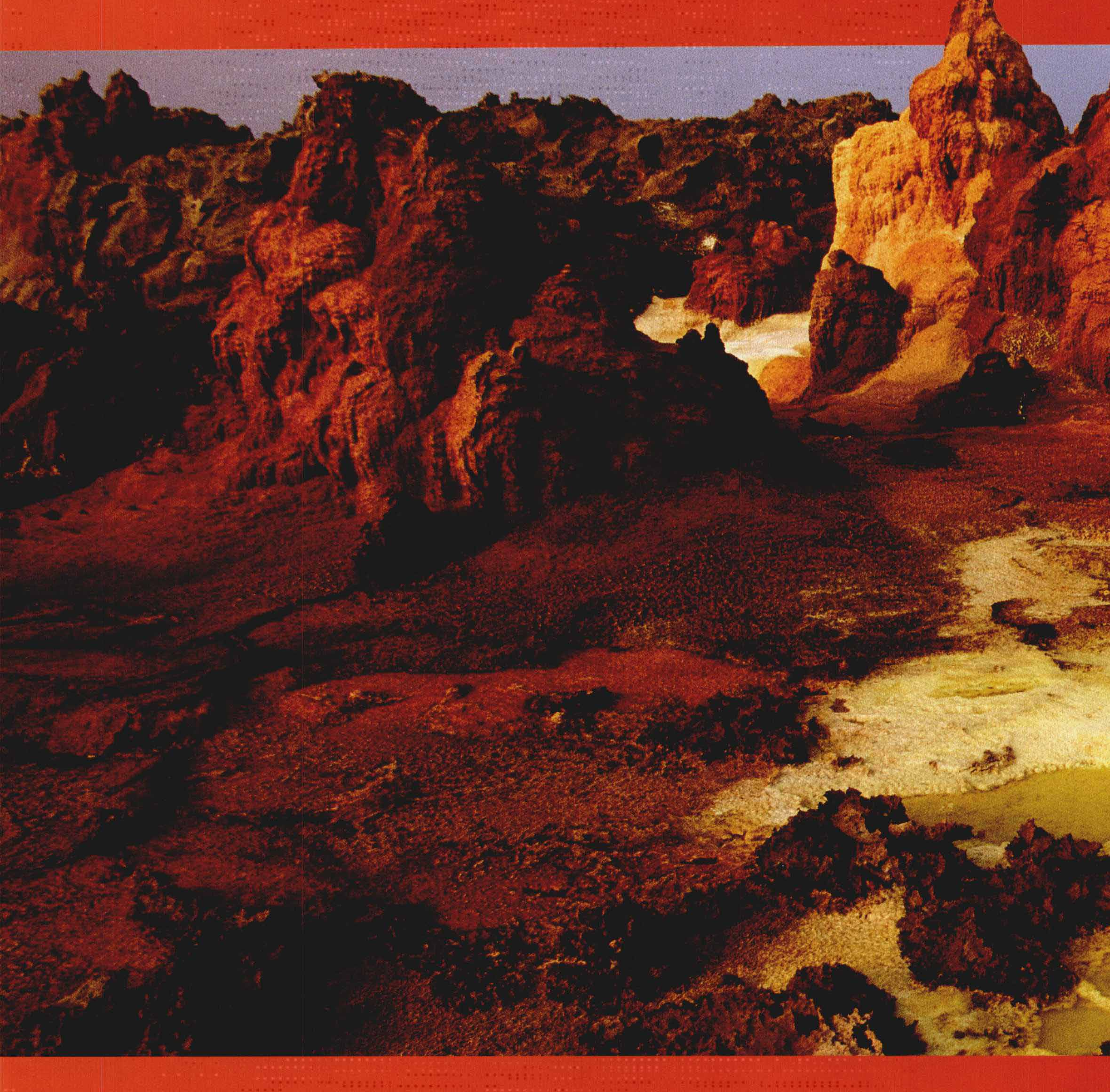


长石
长石是一种浅色硅酸盐，它是地壳的主要成分。



状态变化
温度和压力对岩石的变化影响显著。地球内部产生液体岩浆，岩浆到达地表时凝固。这个过程形同于水在0℃时结成冰块。

矿　物

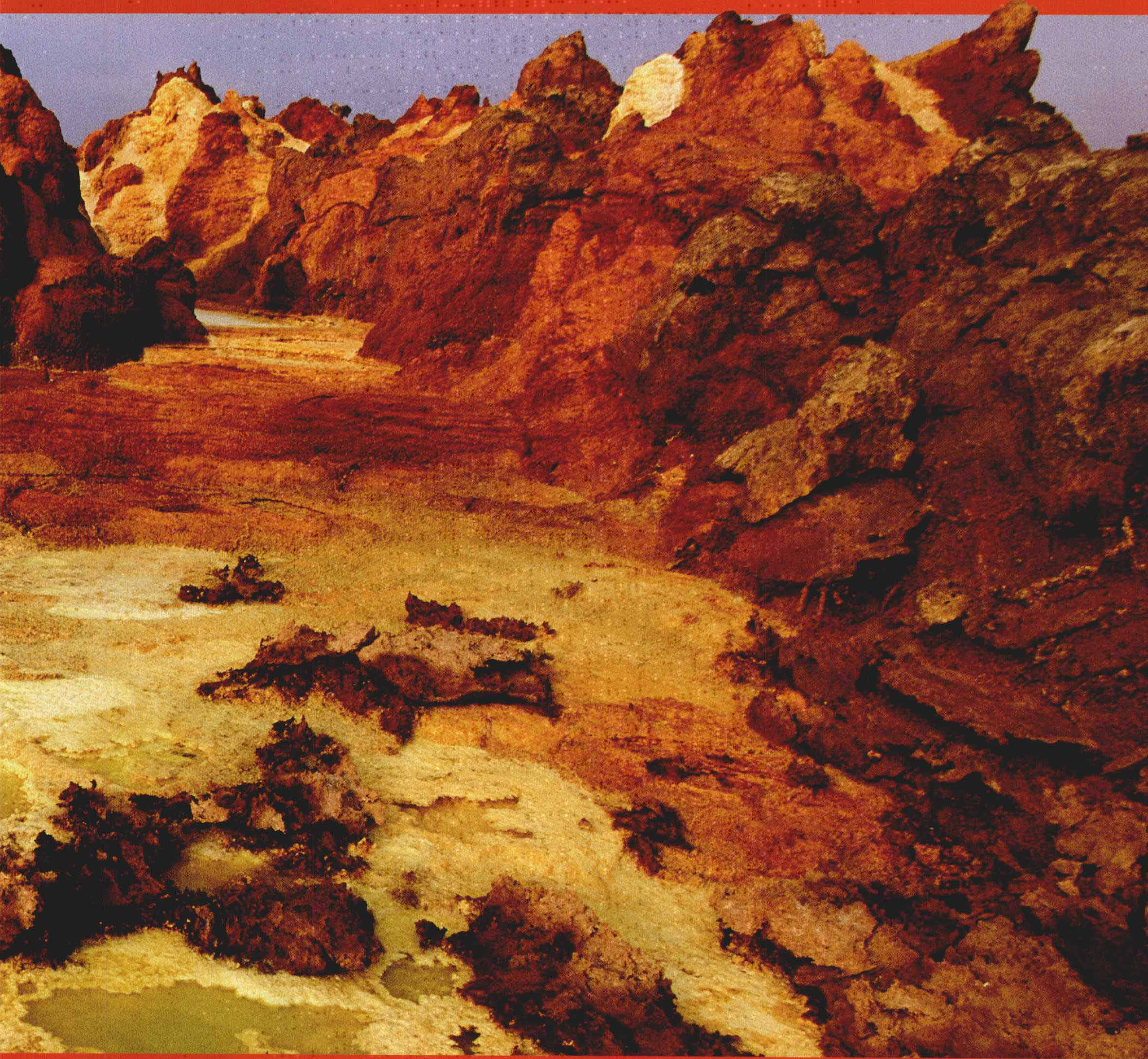


达罗尔地区以沙漠为主，蕴含了各种矿物，地表呈象牙色，散布着碧绿的池塘、橙色的含硫盐柱。其中一些矿物非常特殊，我们常说的宝石，因为其稀有而美丽的质地而被遴选出来加以珍藏，其中最珍贵的就是钻石。你

达罗尔火山

达罗尔火山位于埃塞俄比亚，是地球上唯一一座位于海平面以下的陆地火山，也是地球上最热的地方之一。火山喷出的硫黄和其他矿物使其看起来鲜艳无比。

质本天成 20–21
分类问题 22–23
识别矿物 24–25
矿物的沙漠 26–27
晶体的本质 28–29
晶体的对称性 30–31
珍贵的晶体 32–33
历史上的钻石 34–35
最常见的矿物 36–37
非硅酸盐矿物 38–39



知道吗，人类耗费了上万年的时间，才找到将金属从岩石中分离出来的方法。还有一些非金属矿物也很有价值，这主要体现在其特殊的用途上。例如，石墨可用于制作铅笔，石膏用于建造楼房，盐则用于烹饪。●

质本天成

矿物是构成地球和宇宙中其他所有固态物体的物质基础。矿物通常按照其化学成分和有序的内部结构进行区分，大部分是固态结晶体。不过，有些矿物质内部结构无序，是类似于玻璃的无定型固体。研究矿物有助于我们了解地球的起源。矿物根据其成分、内部结构以及硬度、重量、颜色、光泽和透明度等特性进行分类。虽然迄今为止已经发现4 000余种矿物，但常见于地球表面的只有大约30种。●

成分

矿物的基本成分是元素周期表上所列的化学元素。矿物如果是单独存在，仅含有一种元素，以其最纯净的状态存在，则称为原生矿物。相反，如果由两种或两种以上的元素构成，则称之为复合矿物。大部分矿物属于复合矿物。绝大部分矿物由元素周期表中所列的112种元素组成。

各种矿物来源于元素周期表中所列的

112种元素。

1 原生矿物

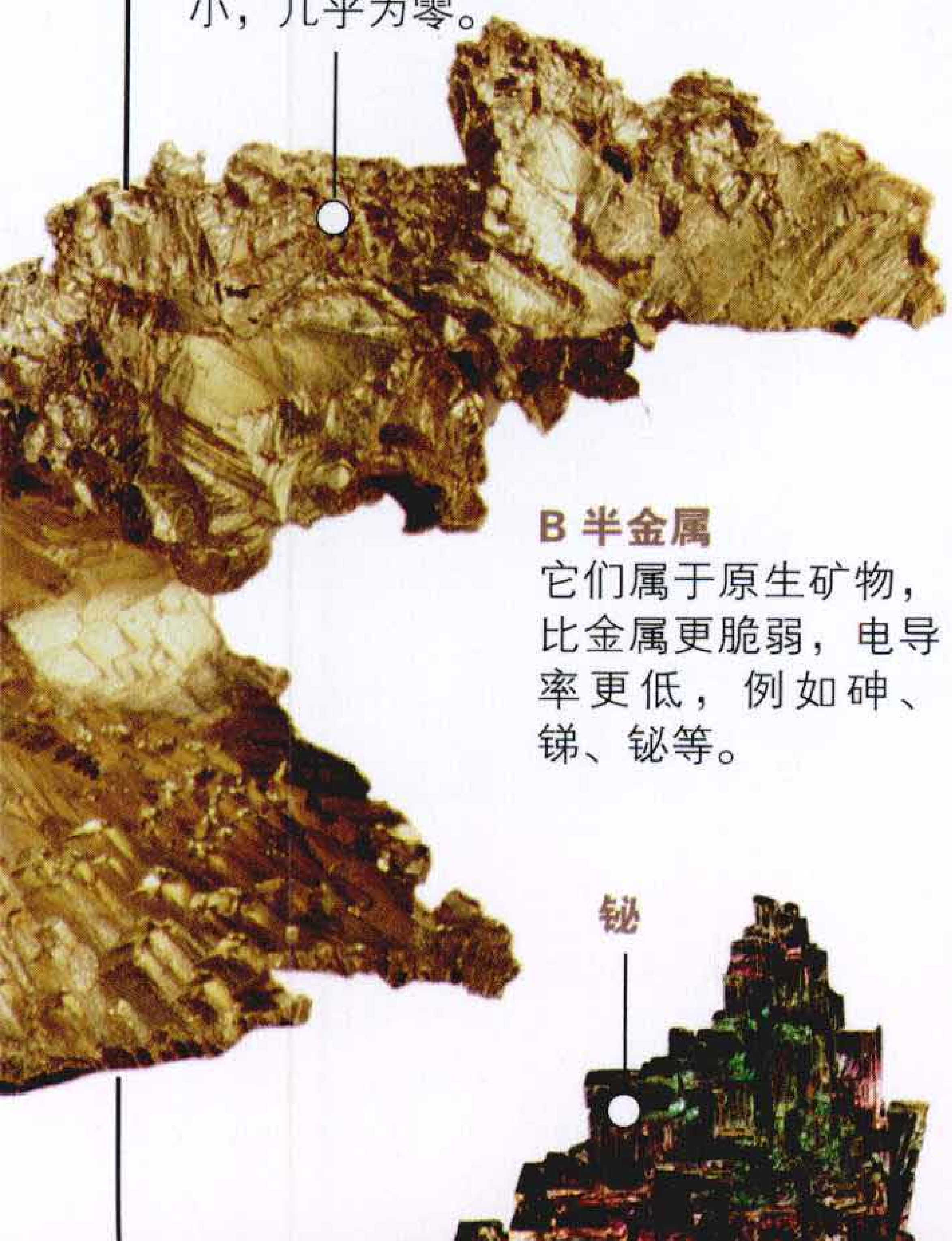
原生矿物分为

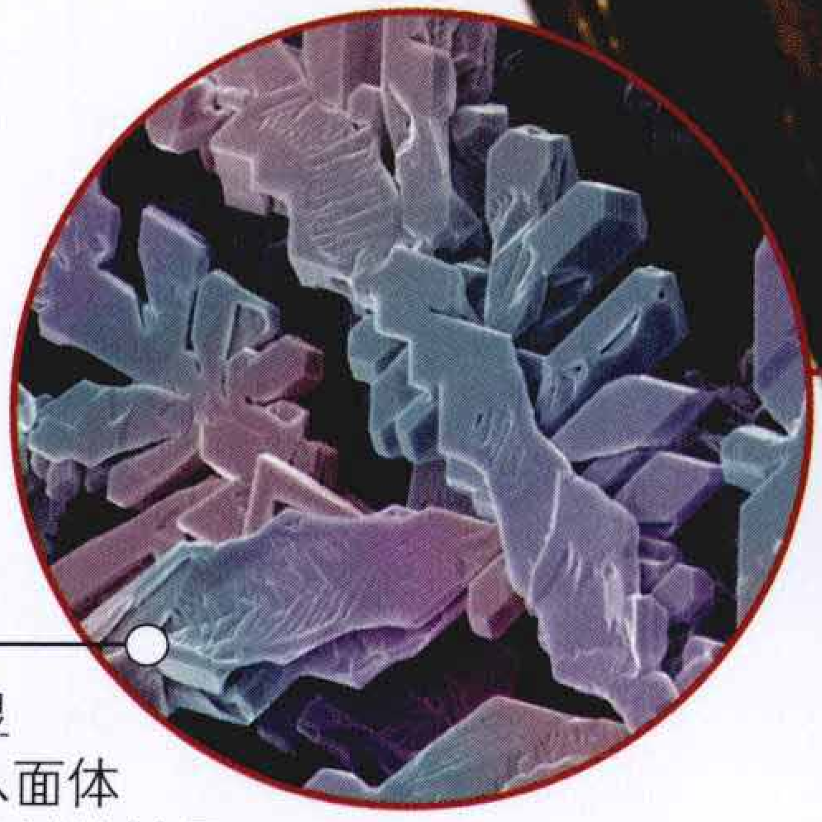
A 金属和金属间矿物

原生矿物具有较高的导热性和导电性，通常具有金属光泽、硬度低、韧性和延展性好。原生矿物容易识别，包括金、铜和铅。

金

金是热和电的良导体。酸对其腐蚀作用很小，几乎为零。





银

放大图像显示了各种八面体堆叠形成的树状结晶，这些结晶有时候也以延展的形式出现。

银树状晶体的显微照片

B 半金属

它们属于原生矿物，比金属更脆弱，电导率更低，例如砷、锑、铋等。

铋

C 非金属

这是一类重要的矿物，其中包括硫。

硫

2 复合矿物

两种或两种以上元素的原子间形成化合键时产生复合矿物。复合矿物的属性与其构成元素的属性不同。

岩盐

由氯和钠构成。

同质多晶

这种现象指同样的化学成分有多种构成结构，其结果产生几种不同的矿物。由于温度或压力的作用，一种多态变体向另一种变体转变，速度可快可慢，其过程可能是可逆的，也可能是不可逆的。

化学成分	结晶晶系	矿物
$CaCO_3$	三角晶系	**方解石**
$CaCO_3$	正交晶系	**霰石**
FeS_2	立方晶系	**黄铁矿**
FeS_2	正交晶系	**白铁矿**
C	立方晶系	**金刚石**
C	六方晶系	**石墨**

金刚石与石墨

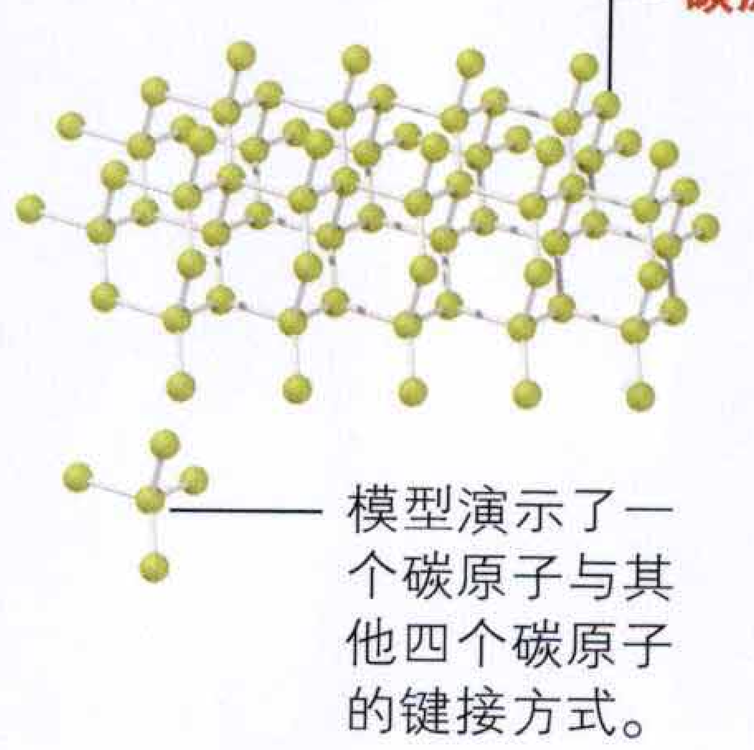
矿物的内部结构会影响其硬度。金刚石与石墨都是仅由碳元素构成的，但它们的硬度不同。

金刚石

石墨

国际矿物学协会已经确认了

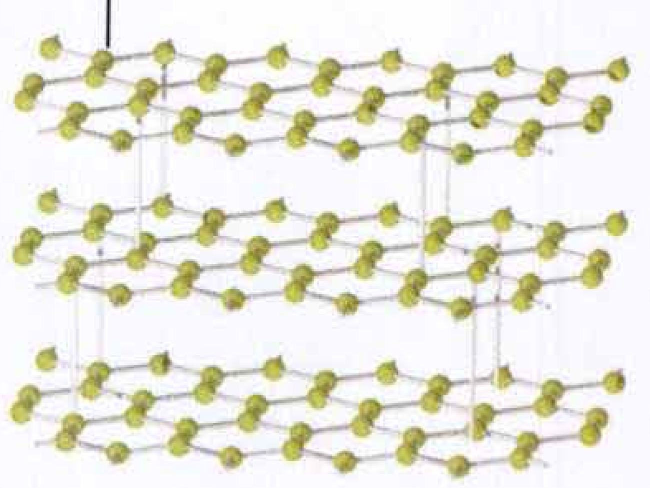
4 000 多种矿物。



每个碳原子与其他四个同样类型的碳原子连接。碳原子网络通过强大的共价键以三维模式延伸，这使得金刚石几乎坚不可摧。

莫氏硬度表

硬度等级：10



原子构成六边形，各原子在平行面上相互紧密连接。这种结构使得各平行面能在其他面上相互滑动。

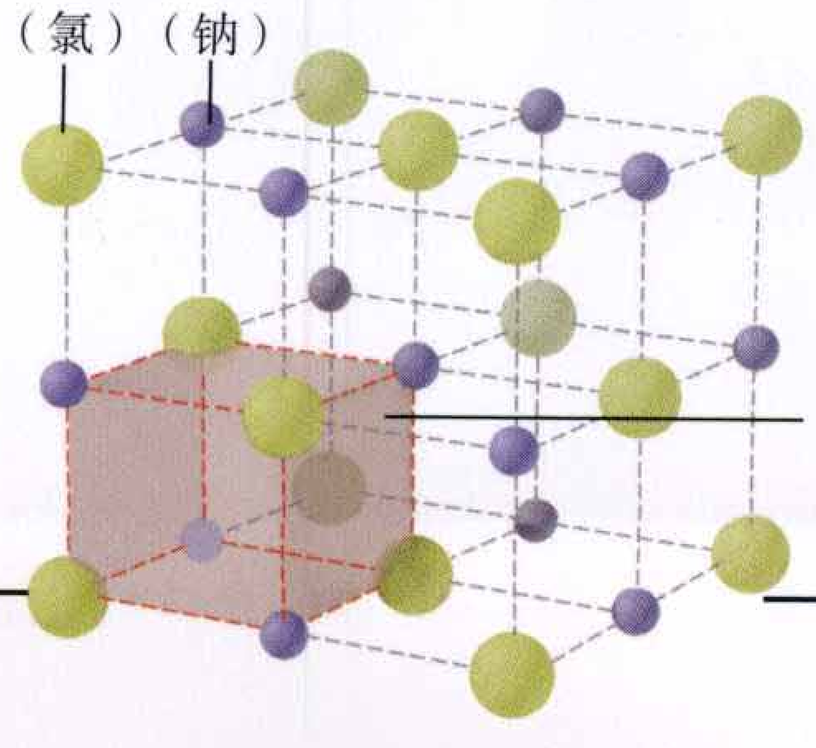
莫氏硬度表

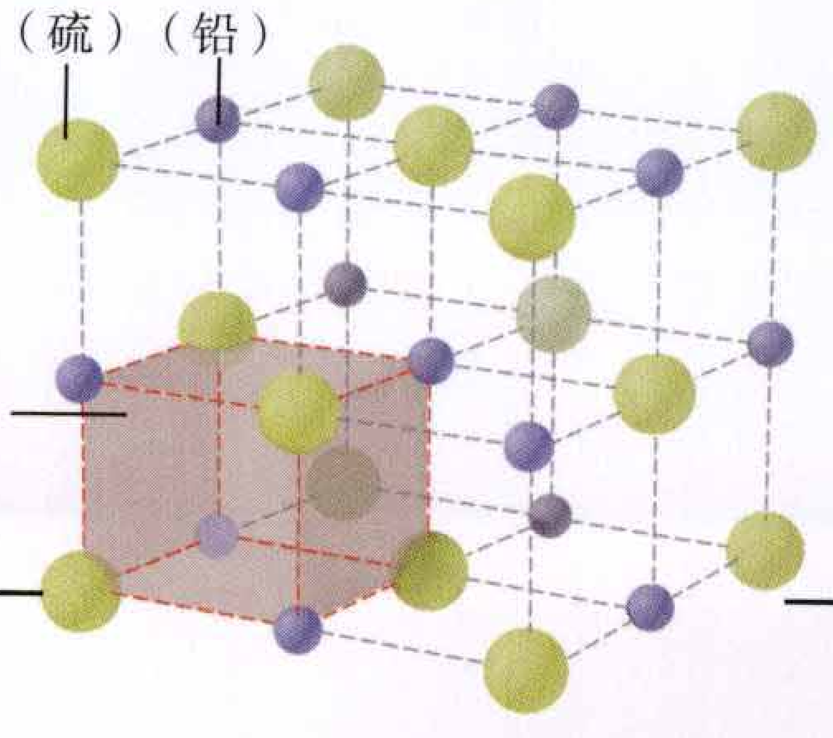
硬度等级：1

同晶型矿物

当具有同样结构的矿物（如岩盐和方铅矿）进行阳离子交换时，就会发生类质同晶现象：矿物的结构保持不变，但是因为进行了离子交换，所以产生的物质发生了变化。比如，将铁（Fe）与类似大小的镁（Mg）进行交换时，菱铁矿（菱形$FeCO_3$）逐渐变成菱镁矿（$MgCO_3$）。不过，因为两种离子大小相同，所以其结构保持不变。

岩盐与方铅矿





分类问题

光学性能指矿物对光线的反应。矿物的光学性能可以利用岩相显微镜进行分析。岩相显微镜与普通显微镜不同，它有两个能让光线产生极性的部件，使人们能够识别矿物的一些光学反应性能。不过，通过光学性能鉴别矿物的最精准的工具还是X线衍射仪。●

颜色

颜色是矿物最显著的特征之一。不过，在鉴定矿物时，通过颜色的区分并非总是有效。有些矿物从来不变色，称为自色矿物。有些矿物会变色，则称为变色矿物。矿物的色泽变化可以部分归因于矿物中的杂质或内含物（固体物质）。

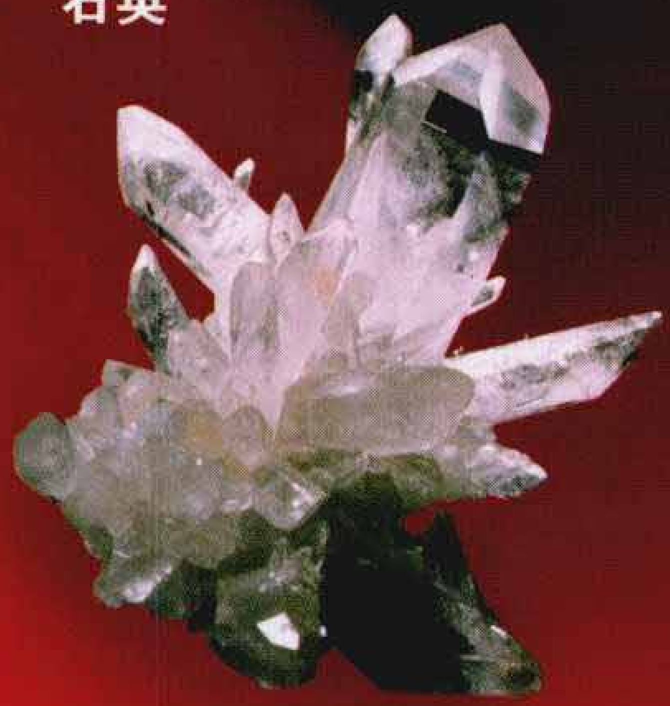
固有色
一些矿物的颜色始终如一，例如孔雀石。

孔雀石

硫

外来色
矿物可能会有多处阴影，这取决于其所含的杂质和内含物。

石英



水晶
无色，最纯净的石英。

玫瑰红水晶
含锰元素时，呈粉红色。

黄水晶
含铁元素时，呈很淡的黄色。

烟晶
含有深色、褐色或灰色矿物。

紫水晶
含三价铁时，呈紫色。

其他一些次要矿物常被称为外来矿物，它们给石英带来了颜色。在没有外来矿物的情况下，石英是无色的。

矿粉颜色
矿粉的颜色（当矿物在一个坚硬的白色表面摩擦时，产生的细矿粉的颜色）比矿物的颜色更为可信。

赤铁矿
颜色：黑色

矿粉颜色：红棕色

发光性

暴露在特定的能量源下时，某些矿物会发光。暴露在紫外线或X射线下时会发光的矿物称为荧光矿物。在能量源被移走后，仍保持发光的矿物，则含有磷光质。有些矿物还会对阴极射线、普通光线、热源或其他电流产生反应。

玛瑙
玛瑙属于玉髓，是一种隐晶质石英，它们的色彩不均匀。

玛瑙以带状方式结晶，这是由其形成的环境决定的。玛瑙在低温环境下从水溶液中沉淀析出，然后填入岩石的孔洞。玛瑙的颜色能反映岩石的孔隙率、内含物的程度和结晶过程。

折射与光泽

折射与光线穿过晶体的速度有关。根据光线在晶体中的传播方式，可将矿物分为单折射或双折射。矿物表面发生的反射和折射就产生了光泽。通常来说，光泽取决于矿物表面的反射指数、入射光的吸收率，以及其他一些因素，例如，观测表面的具体特征（如光滑度和光亮度）。根据光泽的不同，矿物大致分为三类。

金属矿物
此类矿物是完全不透明的，这是原生矿物和硫化物的典型特征，比如铜和方铅矿。

亚金属矿物
此类矿物具有光泽，既不是金属，也不是非金属。

非金属矿物
将此类矿物切割成非常薄的薄片时能传送光线。它们可以发出几种不同类型的光泽：玻璃光泽（石英）、珍珠光泽、丝绸光泽（滑石）、树脂光泽和土壤光泽。

矿粉颜色

指矿物细粉的颜色，可用来鉴别矿物。

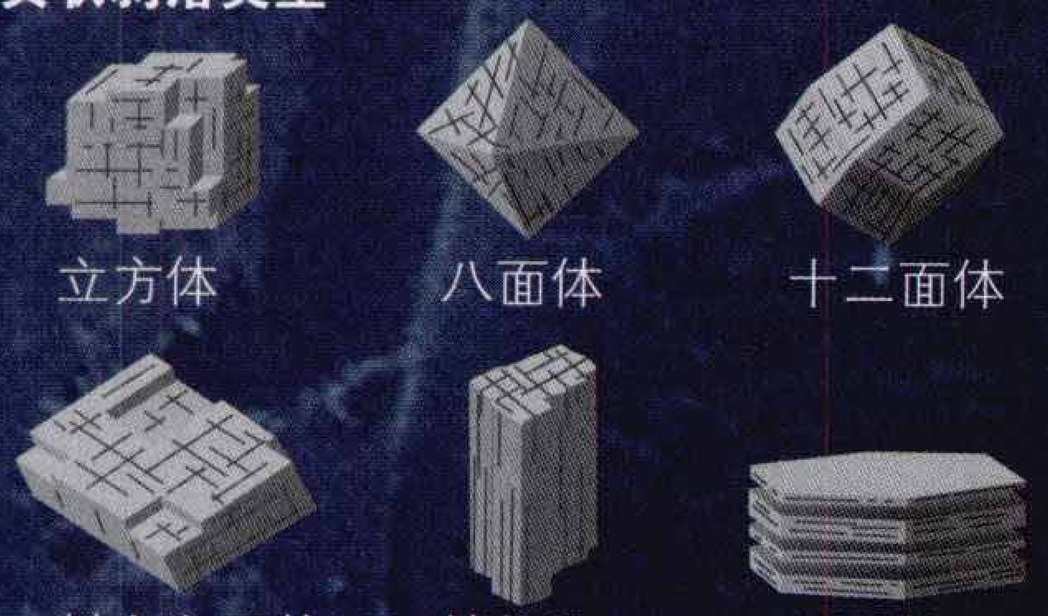
识别矿物

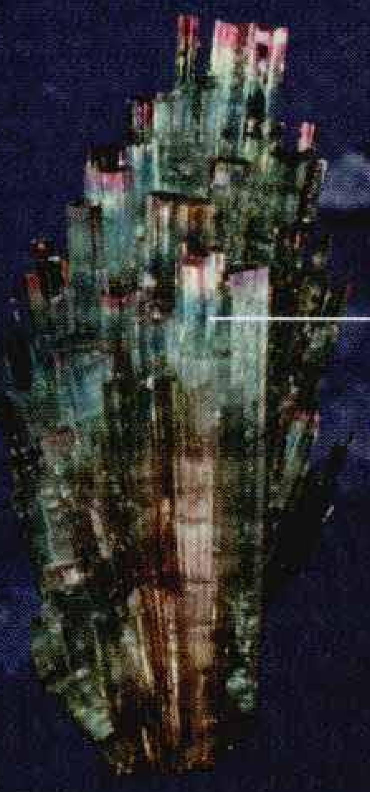
要想一眼就能鉴别矿物，了解其物理属性是非常重要的。比如硬度，如果一种矿物能在另一种矿物上划出痕迹，我们就说前一种矿物比后一种矿物的硬度高。矿物的硬度根据德国矿物学家弗里德里克·莫氏创建的硬度表来衡量，范围是1~10。矿物的另一种物理属性是韧性或内聚力，即矿物的抗折断、抗变形或抗挤压的程度。矿物还有一种属性，即磁性，也就是矿物受磁体吸引的能力。

页状剥落和断层

当矿物趋向于沿着其晶状结构中薄弱键接的平面断裂时，则分解成与其表面平行的平滑薄片。此现象称为页状剥落。矿物断裂时，未发生页状剥落，则称为断层，一般发生在结构不规则的矿物中。

页状剥落类型





电气石
是一种硅酸盐类矿物。

颜色
某些电气石晶体拥有两种或两种以上的颜色。

断层
断层是不规则的，可能是贝壳状（平滑易碎裂）或是泥土状的。

不规则断层
发生在不均匀、易碎裂的矿物表面。

莫氏硬度表

该表排列了从最软到最硬的10种矿物。每种矿物能够被硬度等级高于它的矿物划出划痕。

1. 滑石
是最软的矿物。

2. 石膏
可以用指甲划出划痕。

3. 方解石
与铜硬币的硬度一样。

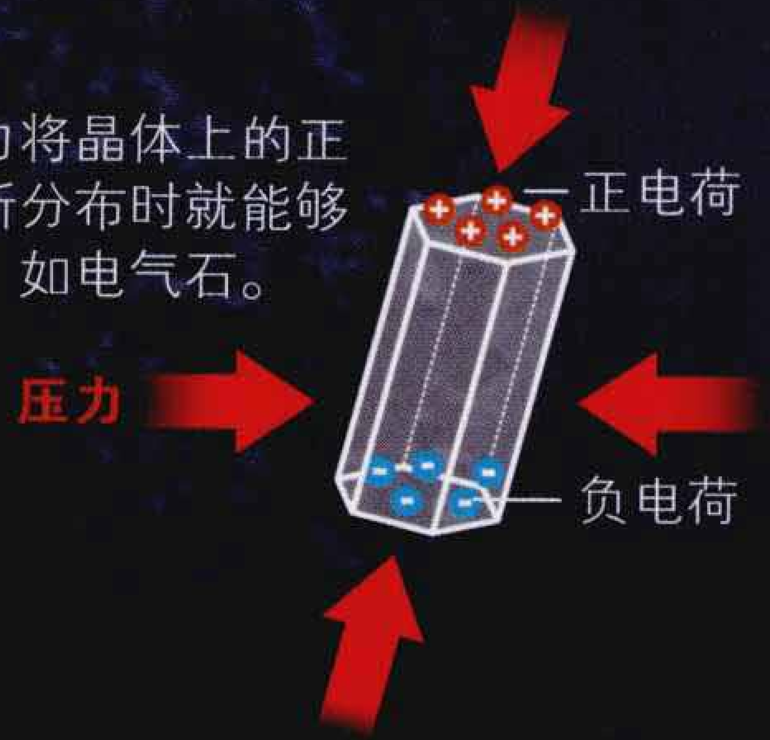
4. 萤石
可以用刀子划出划痕。

5. 磷灰石
可以用玻璃划出划痕。

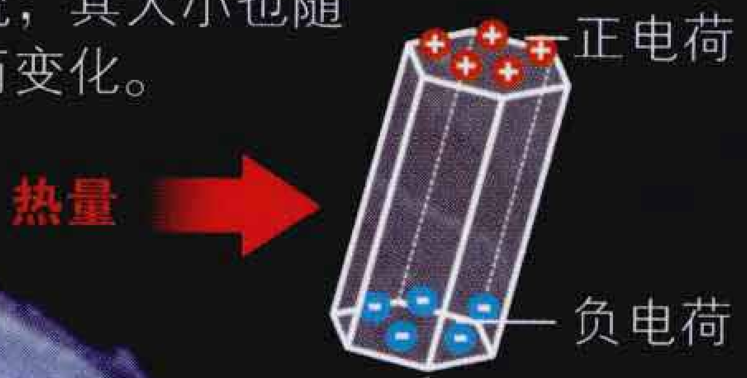
产生电荷

某些晶体会产生压电和热电的现象，如石英，由于温度变化或机械张力，可以使其两端形成电位差，产生带极性的电荷。

压电
当机械张力将晶体上的正负电荷重新分布时就能够产生电流，如电气石。



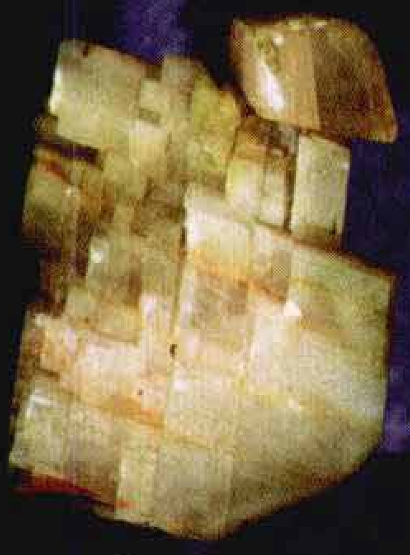
热电
当晶体的温度变化时，就可产生电流，其大小也随温度变化而变化。



密度
能够反映矿物的结构和化学成分。金和铂属于密度最大的矿物。

7~7.5

这是电气石在莫氏硬度表上的硬度。



6. **正长石**
可以用钻头划出划痕。

7. **石英**
可以用淬火钢划出划痕。

8. **黄玉**
可以用钢锉划出划痕。

9. **刚玉**
仅可以用金刚石划出划痕。

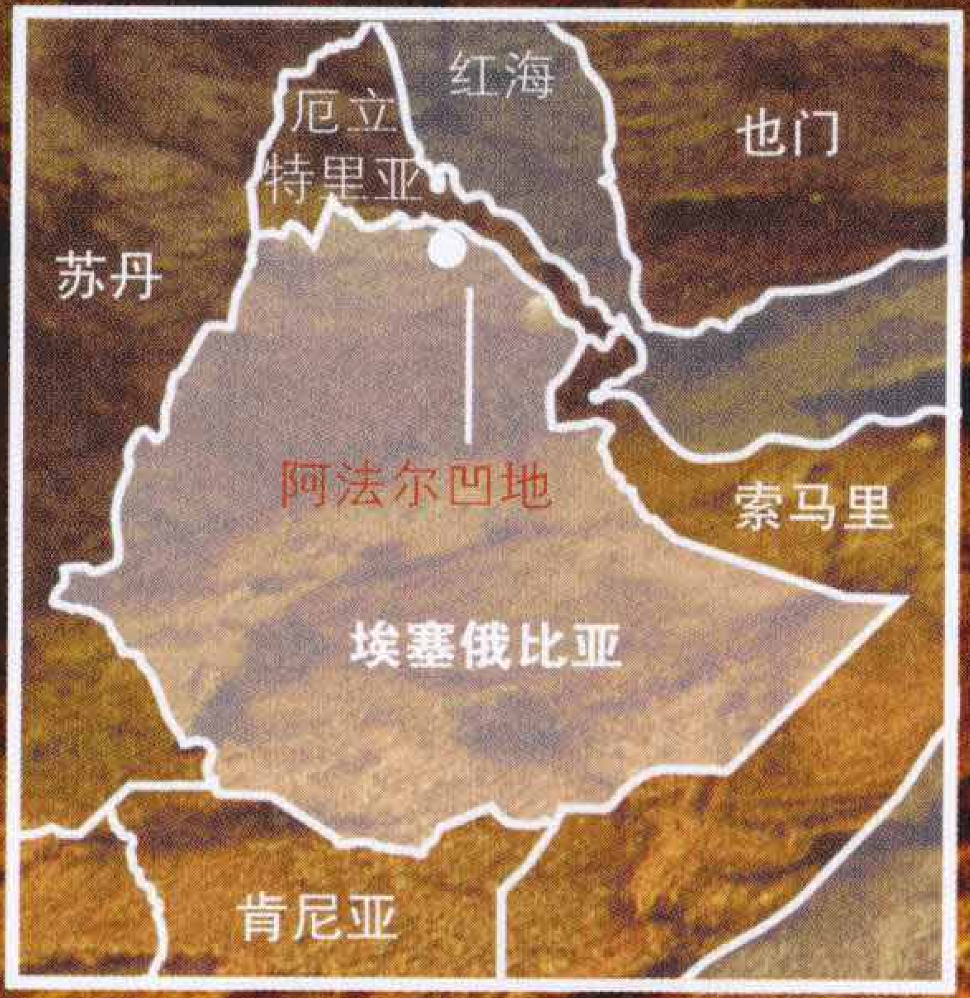
10. **金刚石**
是最硬的矿物。

矿物的沙漠

达罗尔地区是埃塞俄比亚阿法尔凹地的一部分。那里的平均气温高达34℃，是全球平均气温最高的地方，被称为“魔鬼的厨房”。达罗尔基本上是一个矿物的沙漠，地壳呈象牙色，散布着绿色的池塘和一些硫黄盐柱（呈不同程度的橙色），称为溶岩滴丘（高度为2.5~3米）。许多溶岩滴丘都很活跃，能喷出沸水。

晚期的、不活跃的溶岩滴丘

埃塞俄比亚
北纬：9°
东经：39°



达罗尔火山

位置	**阿法尔凹地**
火山类型	**爆裂火山口**
海拔高度	**海平面以下48米**
上次喷发	**1926年**
每年盐浸出量	**135 000吨**

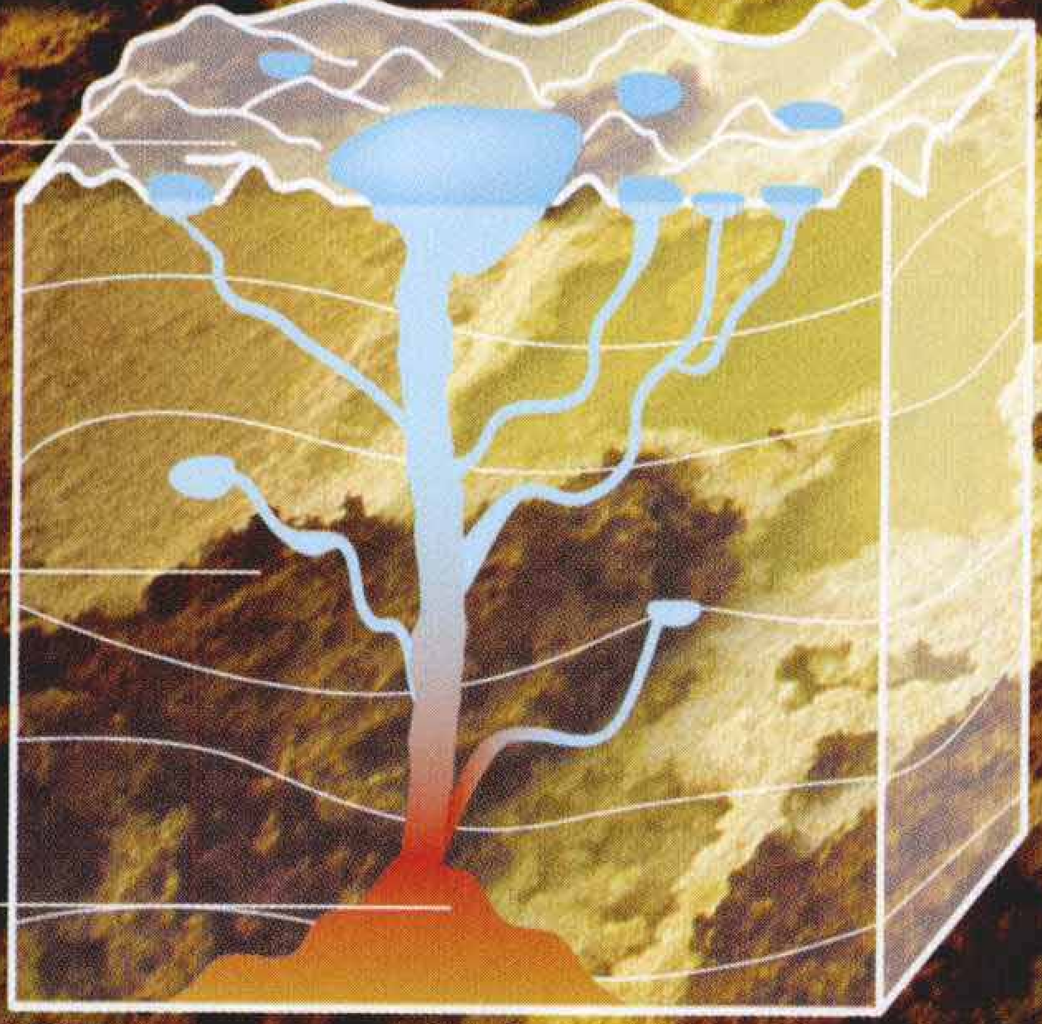
横截面

阿法尔凹地的岩盐总储量为

30亿吨。

矿化过程

岩浆喷泉喷发出的水在地表呈热水散布。水蒸发后，形成盐沉积。



初期沉积
较新的沉积呈白色，颜色随着时间的增长而变深。

池塘
溶岩滴丘产生沸水，在地表形成小池塘。

晚期沉积
深颜色表明沉积已经发生几个月了。

盐沉积

地下水接触到火山热量时产生热液活动。在高压作用下，热量引起水位上升，穿过盐层和硫黄层。水溶解了盐和硫黄，当水到达表层冷却时，溶解在水中的盐和硫黄逐渐沉淀，形成池塘和溶岩滴丘。它们多彩的颜色来源于硫黄成分和出现的某些细菌。

3 出口
热水通过溶岩滴丘喷出。

2 加热
因与炙热的岩石接触，水温保持不变。

2.5~3米高

1 上升
热水从地下开始上升。

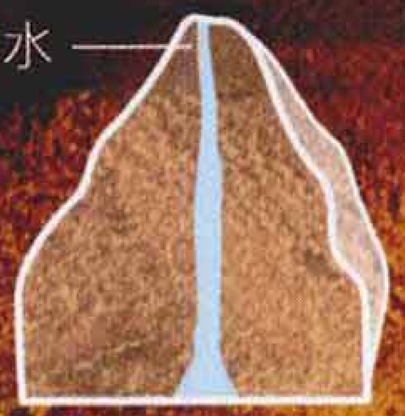
热水从下层土壤往上升。

初期的活跃型溶岩滴丘

溶岩滴丘的类型

溶岩滴丘分为两种：活跃型溶岩滴丘和不活跃型溶岩滴丘，前者强烈地喷出沸水，后者仅存盐分。

活跃型
活跃型溶岩滴丘能喷出沸水，并不断生长。



不活跃型
不活跃型溶岩滴丘由盐构成，不再喷水。它们过去曾经是活跃型溶岩滴丘。

溶岩滴丘的外部颜色变暗时，表明它已经形成几个月了。

人工提取

通过非机械的方式采集盐。来自南埃塞俄比亚博勒纳地区的居民不畏干旱的气候，以徒手采集矿物谋生。他们裹着头巾，保护自己免受阳光的伤害，用骆驼将每天的收获运到最近的村庄

穆斯林头巾
工作时戴这种头巾能够保护工人免受沙漠的极端高温和剧烈阳光的伤害。

135 000吨/年

这是在阿法尔凹地（或丹纳奇尔凹地）每年人工提取的盐的总量。

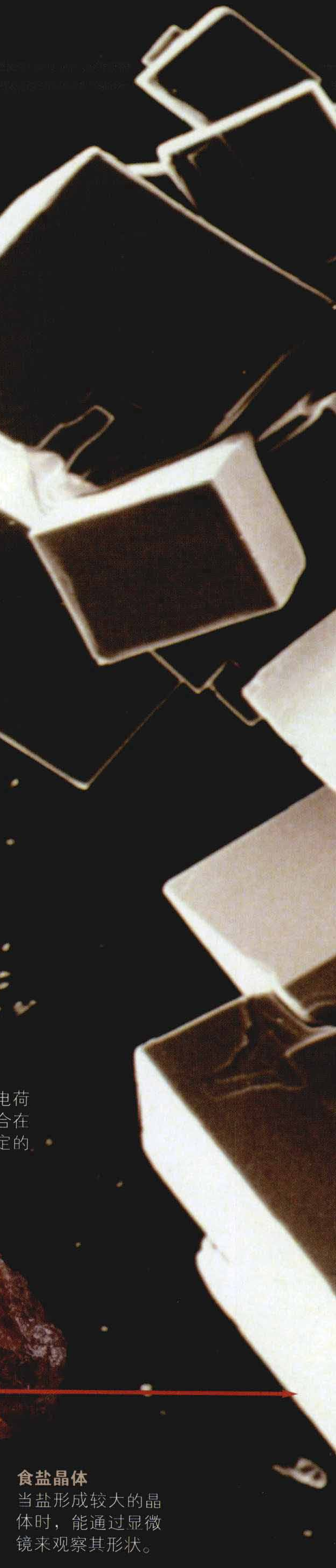
博勒纳人

属黑色人种，信奉伊斯兰教，使用阿法尔语，他们在达罗尔地区提取盐。博勒纳族人口占埃塞俄比亚人口的4%。

其他矿物
除了硫黄和硫酸盐，达罗尔地区还出产氯化钾，这是一种优良的土壤肥料。

晶体的本质

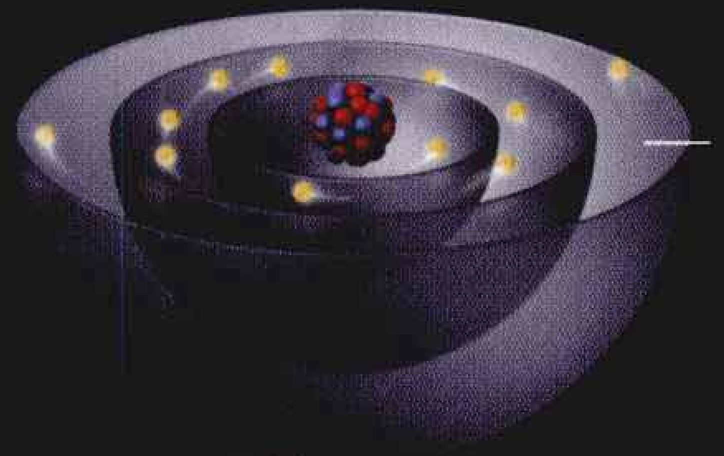
所有矿物都以晶体结构成型。大多数晶体都是由来自地球内部熔融的岩石冷却硬化形成的。晶体学是研究晶体生长、成型及其几何特点的分支学科。通过X线照射，可以判定晶体内的原子排列情况。晶体化学则研究晶体的化学成分、原子排列和原子间化学键强度之间的关系。



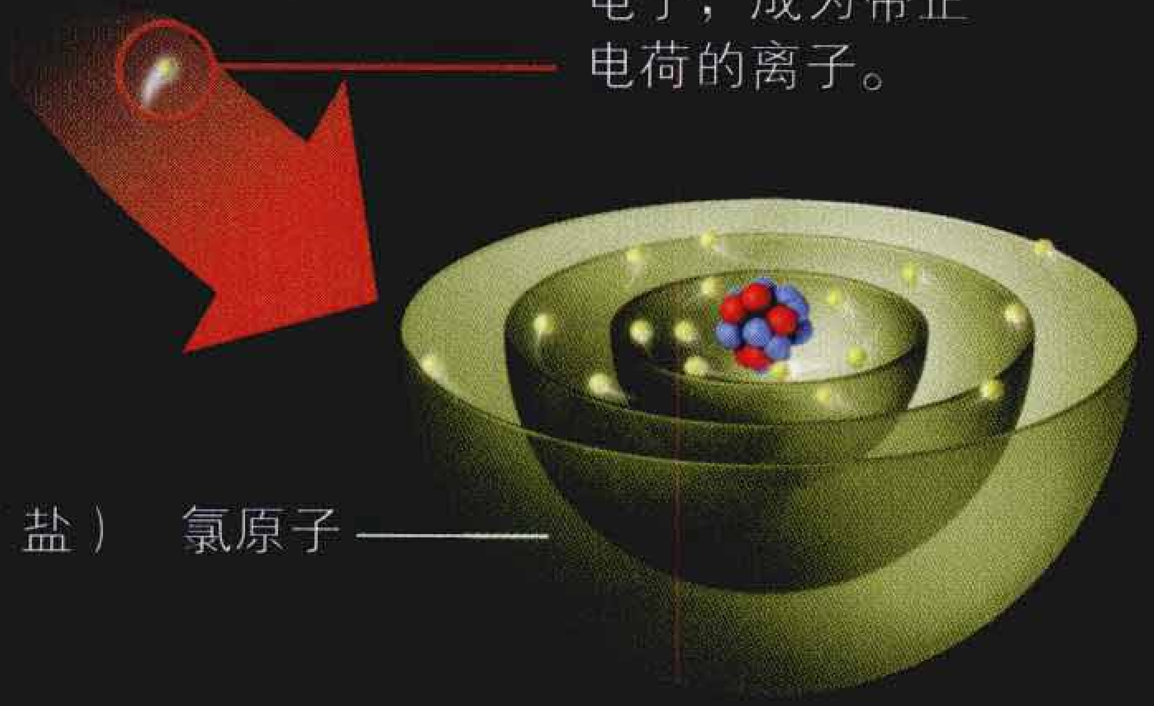
离子键

当遇到其他原子带负电荷时，典型的金属元素趋向于失去电子。当一个氯原子捕捉到一个钠原子（金属）的一个电子时，两个原子就都变得带有电荷，并且互相吸引。钠原子失去一个电子（负电荷），并成为带正电荷的阳离子，而氯原子完善了其外电子层，成为带负电荷的阴离子。

键合前	键合后
Na	Na^+
Cl	Cl^-

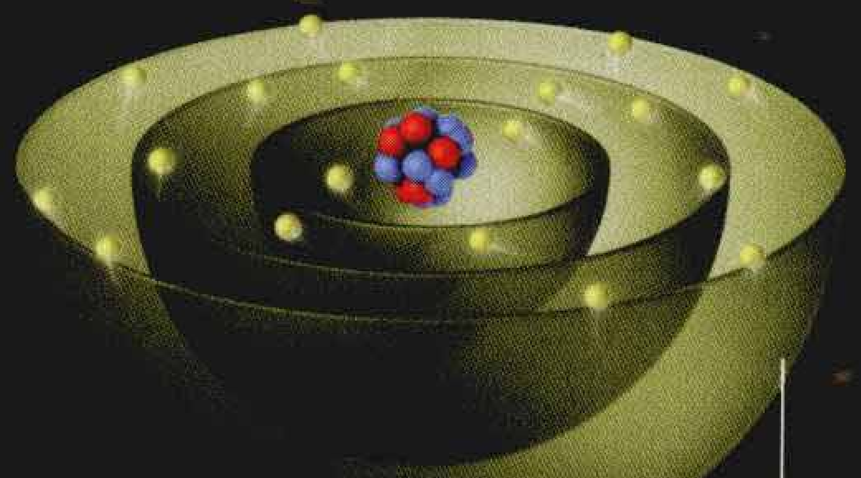


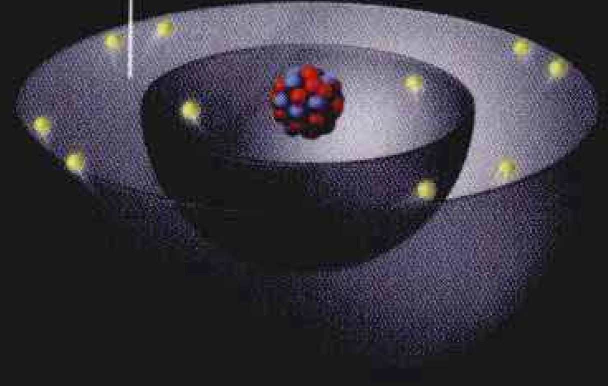
钠原子失去1个电子，成为带正电荷的离子。



例如:
岩盐（盐）

氯原子得到的1个电子（负电荷），成为带负电荷的离子（阴离子）。

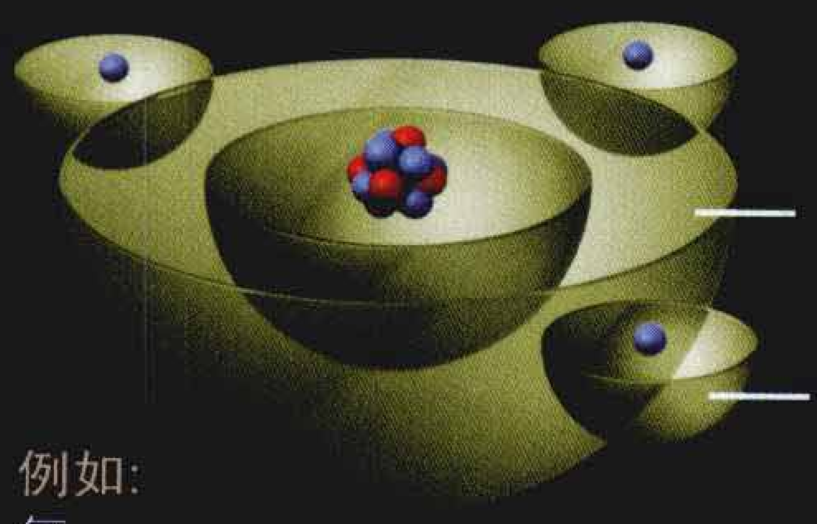




阴离子和阳离子（带正电荷的离子）互相吸引，结合在一起，形成一种新的稳定的化合物。

共价键

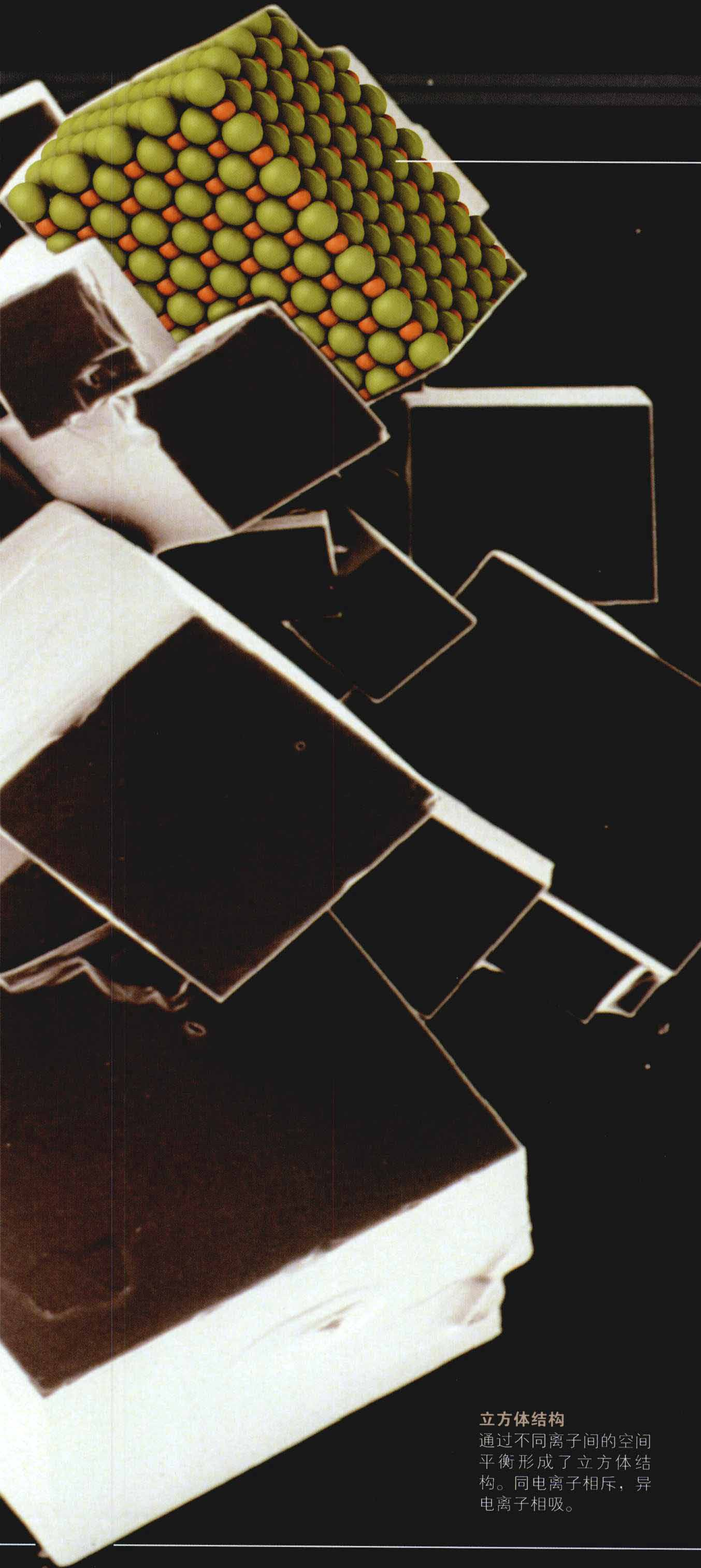
这种化学键产生在两种非金属元素之间，例如氮元素和氧元素。两个原子呈几何形分布，以共享其外电子层的电子。这种方式使整体结构变得更加稳定。



氮原子需要3个电子来稳定其外电子层，而氢原子只需要1个电子。4个原子结合产生一种稳定的状态。

例如:
氨

食盐晶体
当盐形成较大的晶体时，能通过显微镜来观察其形状。



内部晶体网络

晶体的结构在其内部再现，即使在最小的部分其排列也是如此（氯离子和钠离子）。这种情况下，电荷产生的力（异电相吸，同电相斥）构成立方晶系，产生稳定性。不过，不同的矿物成分会形成许多其他不同的形状。

图例

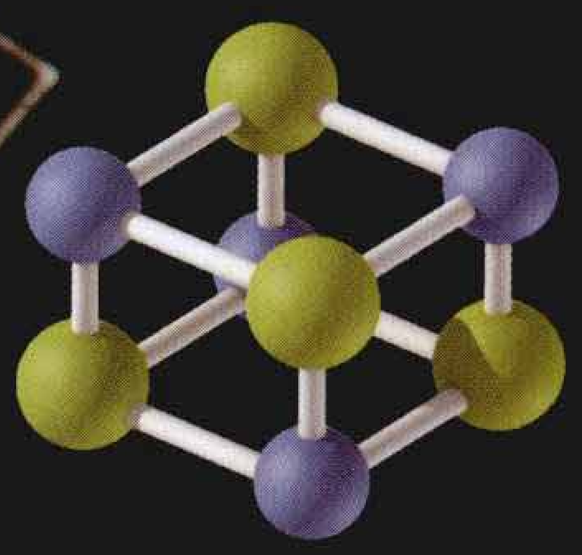
氯阴离子
此非金属元素最多能获得1个负电荷。

钠阳离子
此金属元素最多能获得1个正电荷。

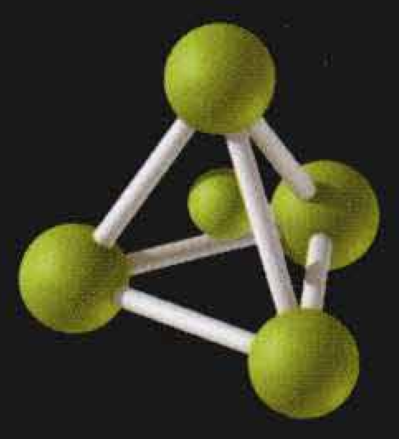
7种晶系 两个离子的组合形成立方体。当两个以上的离子组合时，会形成其他结构。

原子键合的基本形状

此图展示了原子内部晶体的网络结构。



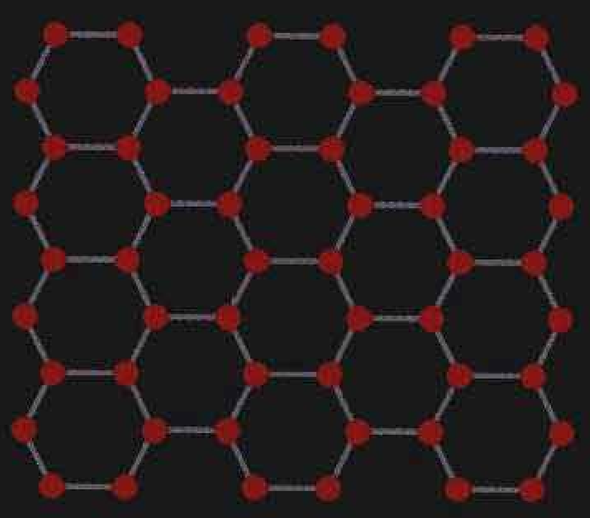
立方体
盐（岩盐）
1个氯原子 +
1个钠原子



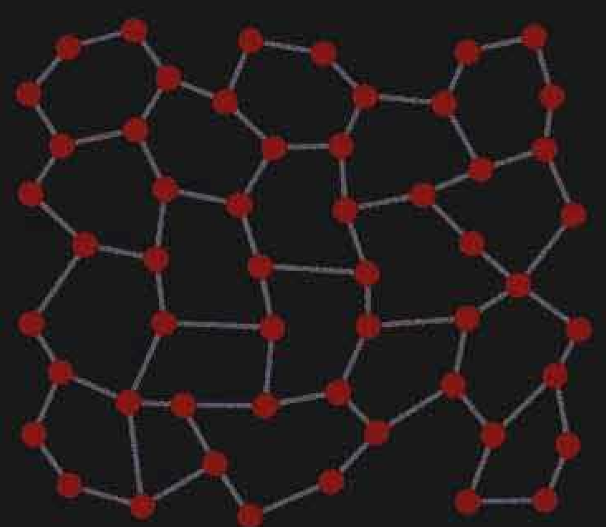
四面体
硅酸盐
1个硅原子 +
4个氧原子

晶体和玻璃之间的不同

玻璃是一种非结晶质（无定形）固体。因为玻璃凝固迅速，使玻璃粒子在能够有条理地进行自我组织之前就失去了流动性。



晶体的原子模型
各种粒子缓慢地以规则、稳定的形状组合起来。



玻璃的原子模型
凝固阻止了各种粒子进行自我组织，这就使得其结构很不规则。

立方体结构
通过不同离子间的空间平衡形成了立方体结构。同电离子相斥，异电离子相吸。

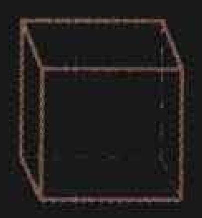
晶体的对称性

地球上有4 000多种矿物。它们在自然界以两种形式存在：无法确认的形式或具有确定方式的原子排列。这种原子排列的外部表现形式称为晶体。晶体一共有32类，它们的特征是其有序的原子结构（亦称晶状网络）由基本单元（单位晶格）组成。根据晶体的排列，这些晶状网络可以分为7种晶系，还可以分为14种三维网络，即布拉菲晶格。

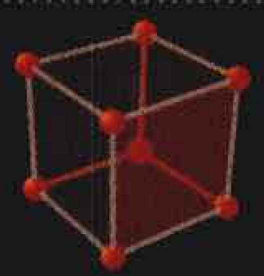
典型特征

晶体是一种均匀的固体，其化学元素呈现出一种有组织的内部结构。单位晶格指原子或分子的分布，这种分布在三维结构中重复进而组成晶体结构。这些共享对称结构的元素的有序排列使32种晶体可分成7个晶系，这7个晶系完全根据其几何形状来划分，如立方体、棱柱体和棱锥体。

图例



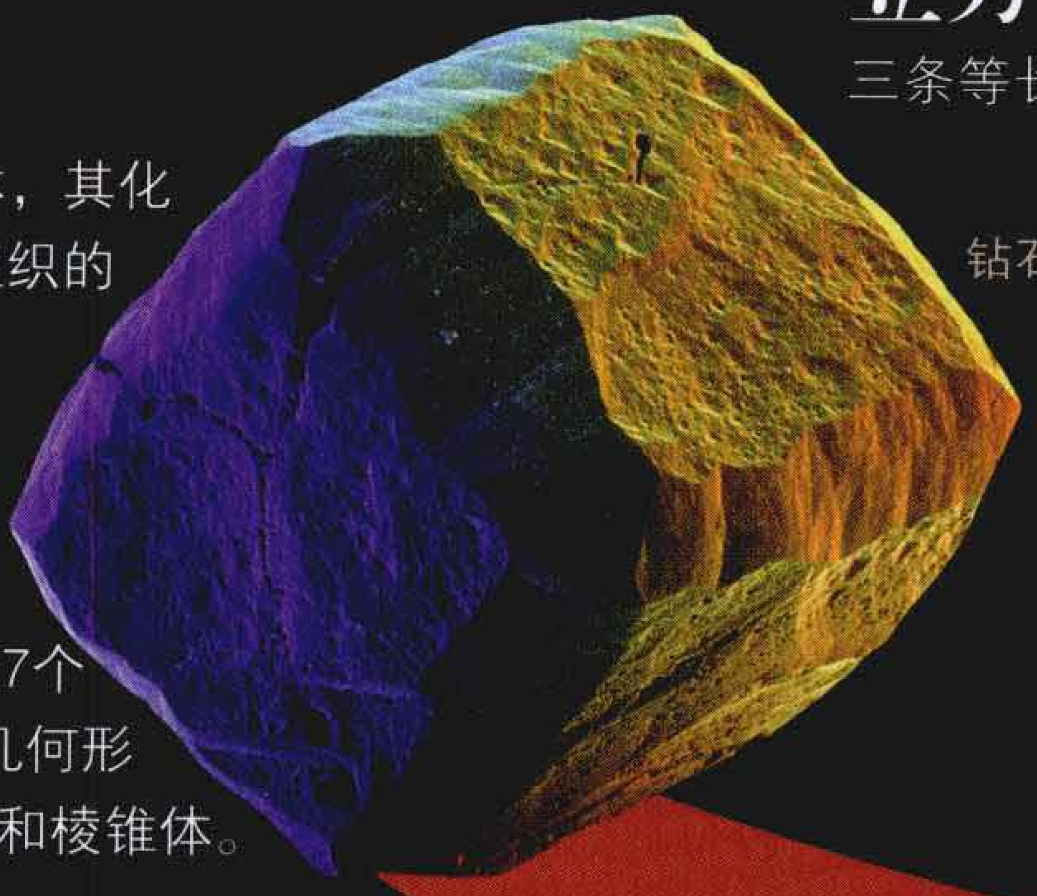
晶系



布拉菲晶格

立方晶系

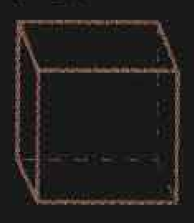
三条等长的晶轴垂直相交。



钻石

最常见的形状

立方体



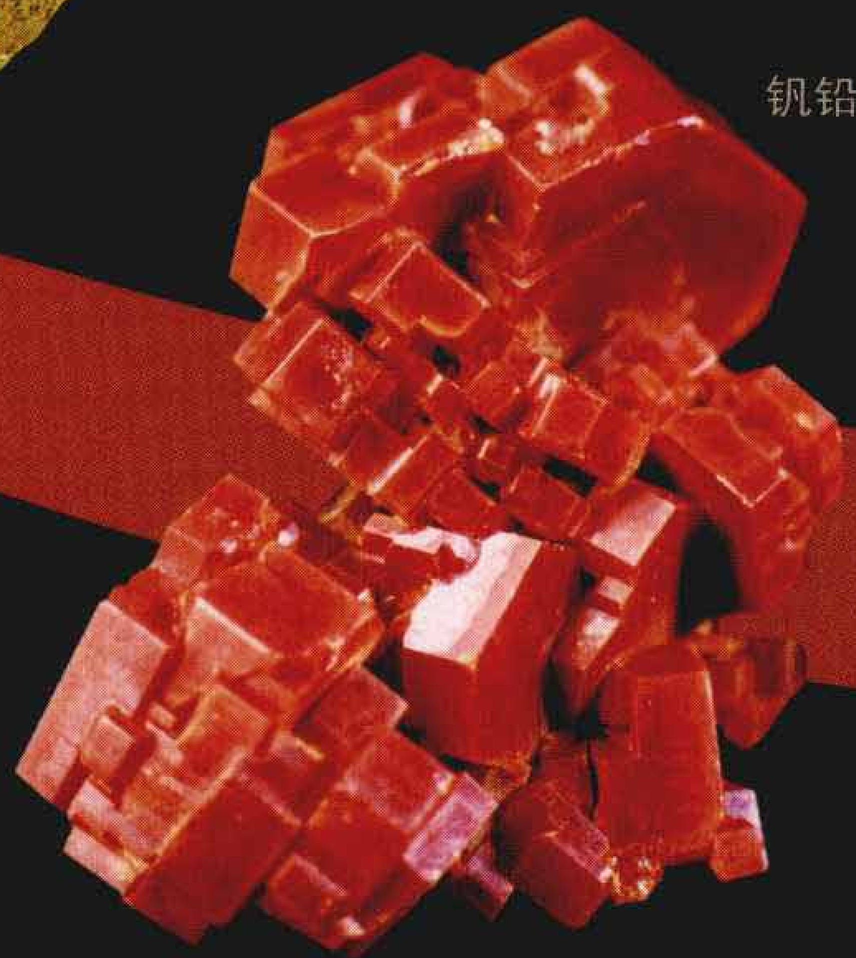
八面体

菱形十二面体

四面体

六角晶系

棱柱体有六个面，夹角为120°，其一端的横截面为六边形。

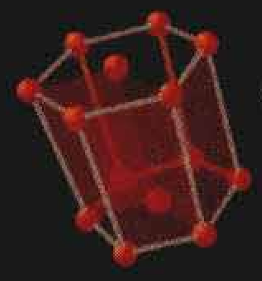


钒铅矿

六角柱

六角双锥

六角柱与六角双锥混合体



底心六角

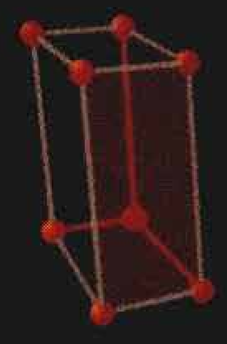
单斜晶系

从某一角度切开后，棱柱体看起来像四方晶体，不等长的各晶轴互不垂直相交。

磷铝钠石

棱柱与轴面的混合体

棱柱

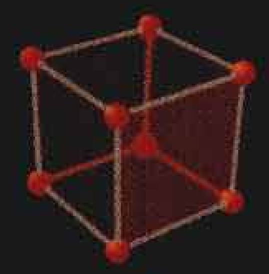


简单单斜晶系

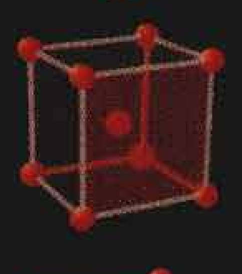
底心单斜晶系

布拉菲晶格

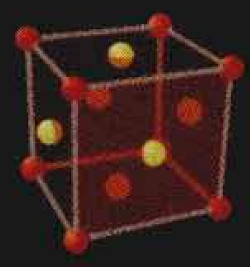
1850年，奥古斯特·布拉菲用理论证明原子仅能形成14种三维晶系，这些三维晶系类型以他的名字命名。



简单立方晶系



体心立方晶系

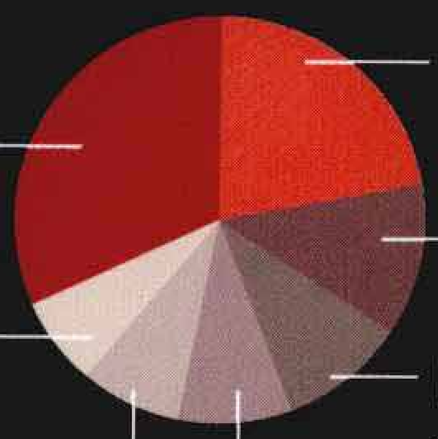


面心立方晶系

只能形成14种晶系。

这些晶系称为布拉菲晶格。

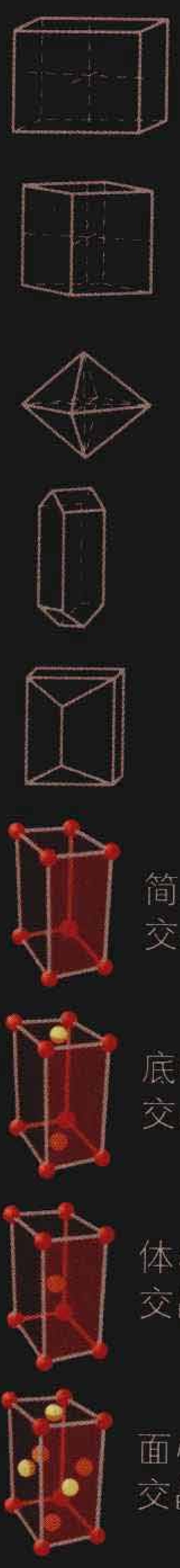
矿物如何结晶



正交晶系

三条非等长的晶轴垂直相交。

黄玉



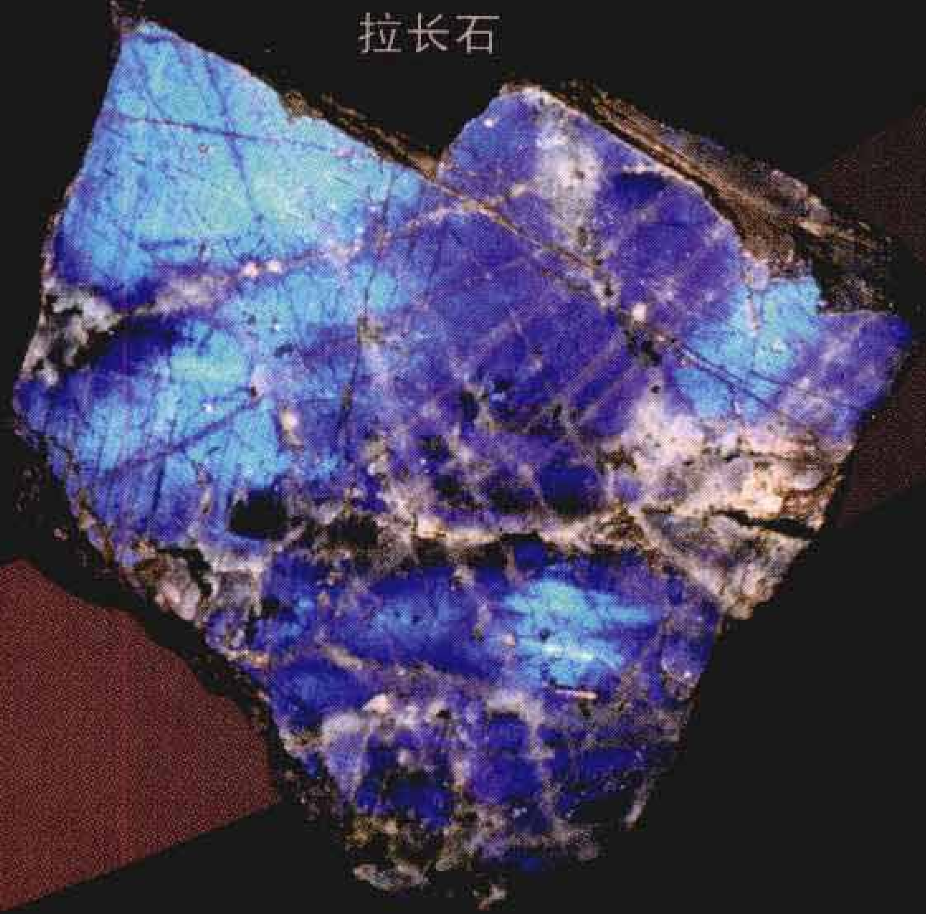
三角晶系

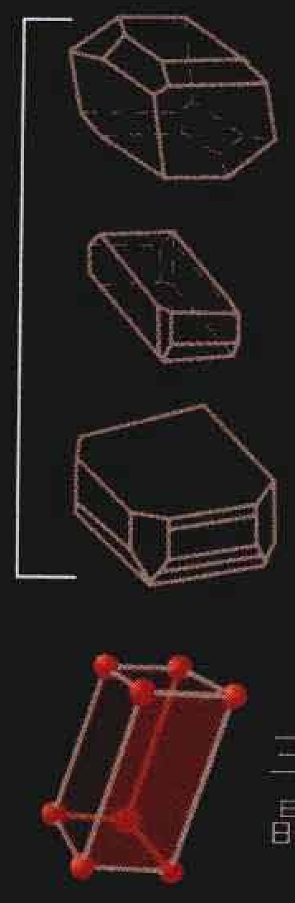
该晶系包括最典型菱面体、六角棱柱和棱锥。三条等长的晶轴呈120°夹角，一条晶轴与中心轴垂直。

菱锰矿

三斜晶系

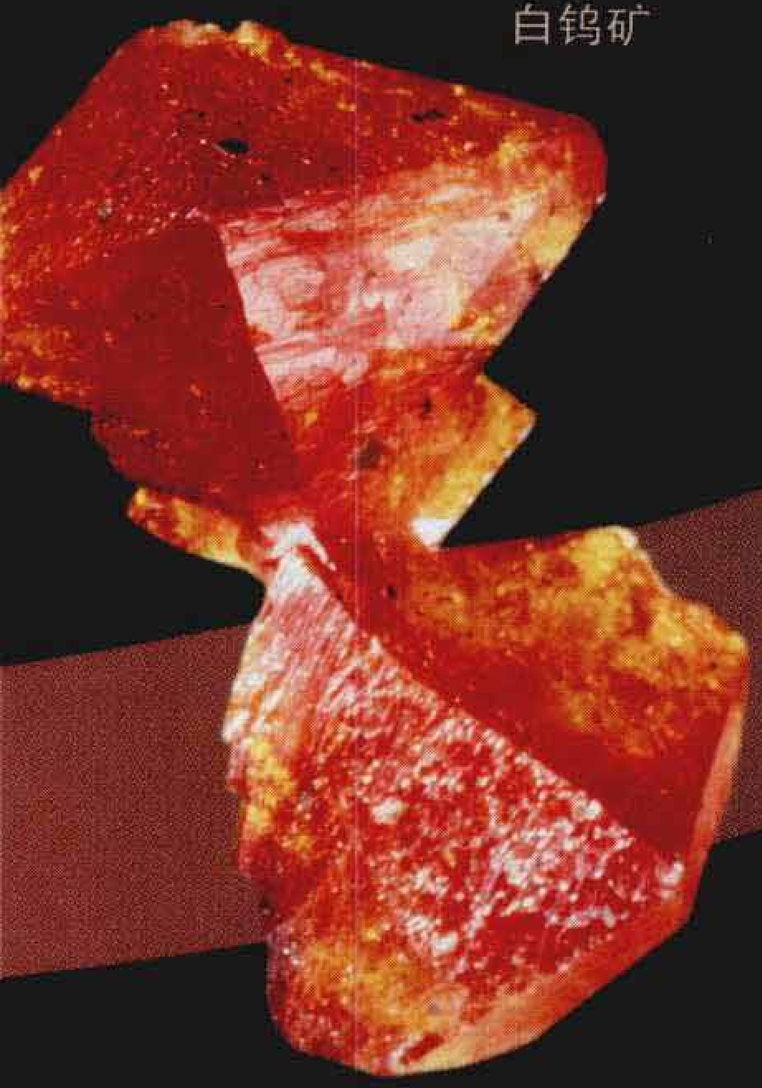
此类晶体的形状非常奇怪，晶体的一端与另一端不对称，三条晶轴都互不垂直相交。

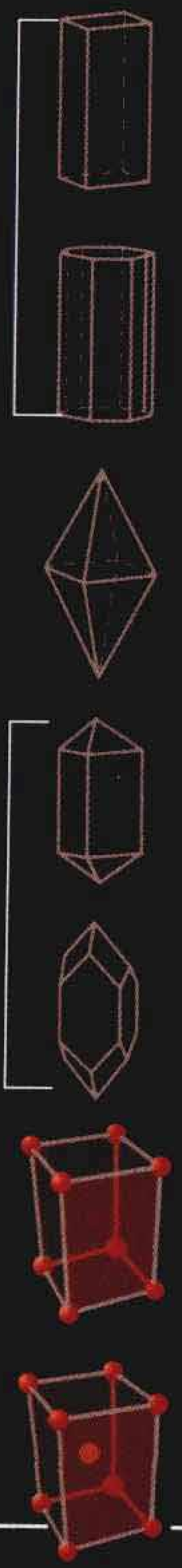

拉长石



四方晶系

此类晶体呈立方体，但其中一个面比其他各面长。共有三条晶轴，垂直相交，其中一条长于其他两条。

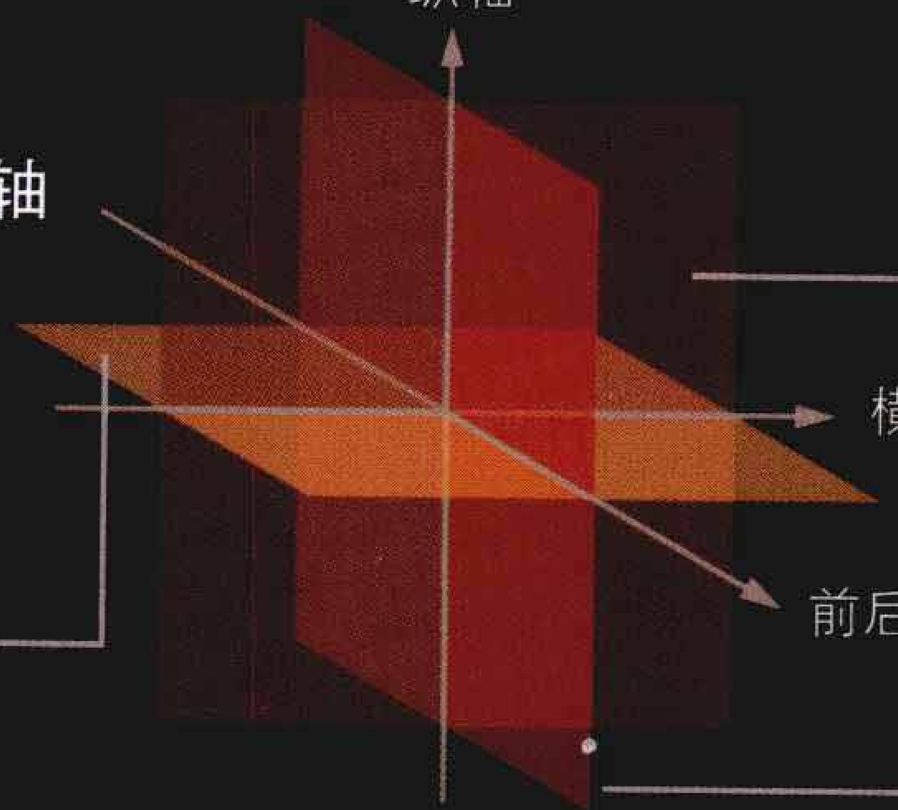

白钨矿



晶体的对称性

理想的晶体对称平面是通过晶体中心，将其分为两个相等、对称的部分。晶体的三条晶轴穿过其中心。最长的纵轴称为“c”轴，横轴为“b”轴，最短轴（从前到后）为“a”轴。c轴和b轴的夹角称为α，a轴和c轴的夹角称为β，a轴和b轴的夹角称为γ。

晶轴或坐标轴



珍贵的晶体

宝石的特点体现在其美丽的外形、色泽、透明度和稀有性上，例如钻石、绿宝石、红宝石和蓝宝石。与其他宝石相比，半宝石由价值较低的矿物组成。目前，钻石以其“美丽的光辉”、光泽和极高的硬度成为最贵重的宝石。钻石的起源可追溯到数百万年前，但是，人们从14世纪才开始切割钻石。大部分钻石矿藏分布在南非、纳米比亚和澳大利亚。●

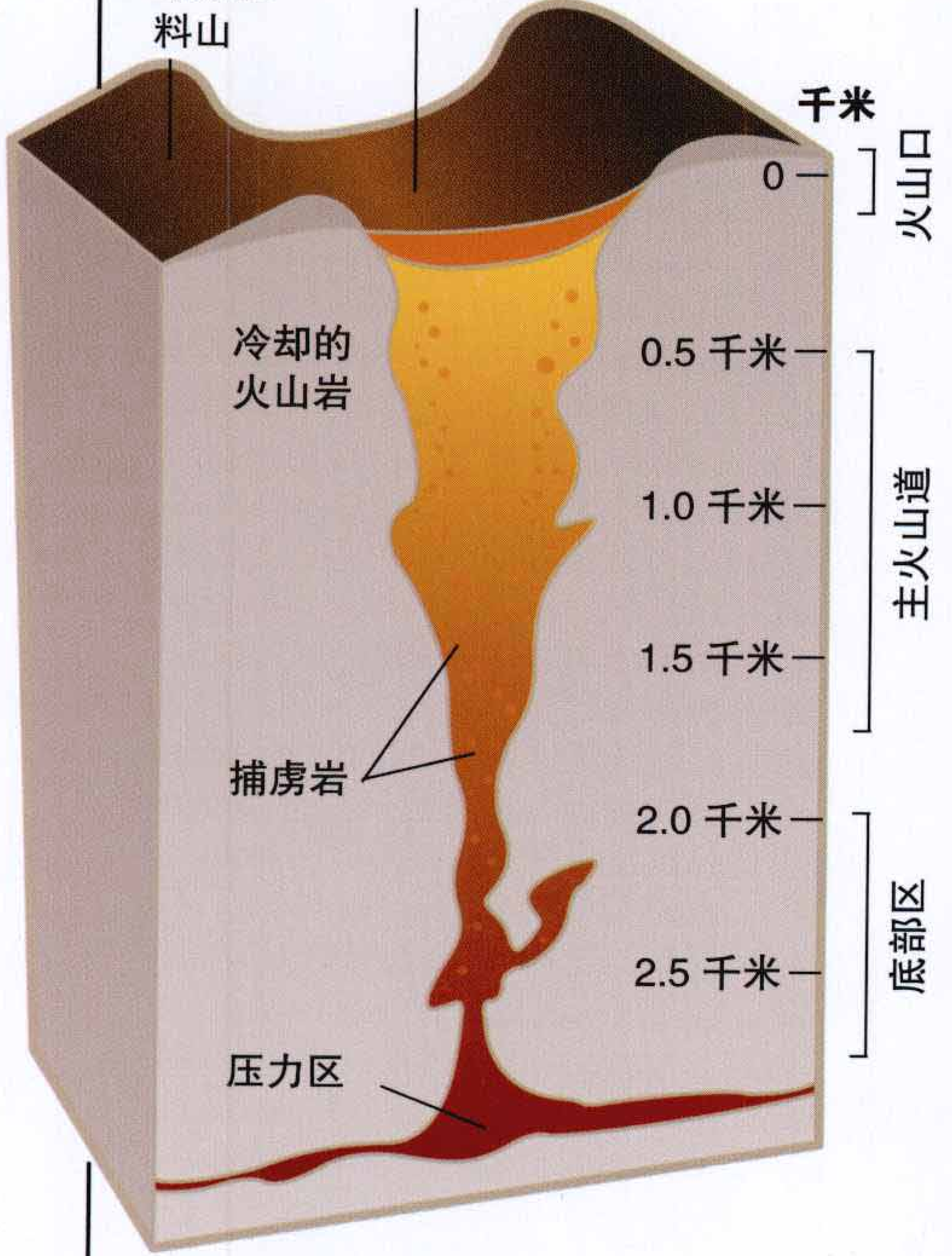
钻石

钻石是由立方晶系中的结晶碳构成的矿物。钻石美丽的光辉主要缘自其较高的折射指数，以及内部的巨大散射产生各种光泽。钻石是最硬的矿物，产自很深的地下。

1 采集

钻石从火山喷发遗留下的金伯利岩岩筒中采集而来。火山喷发将钻石从很深的地下带上来。

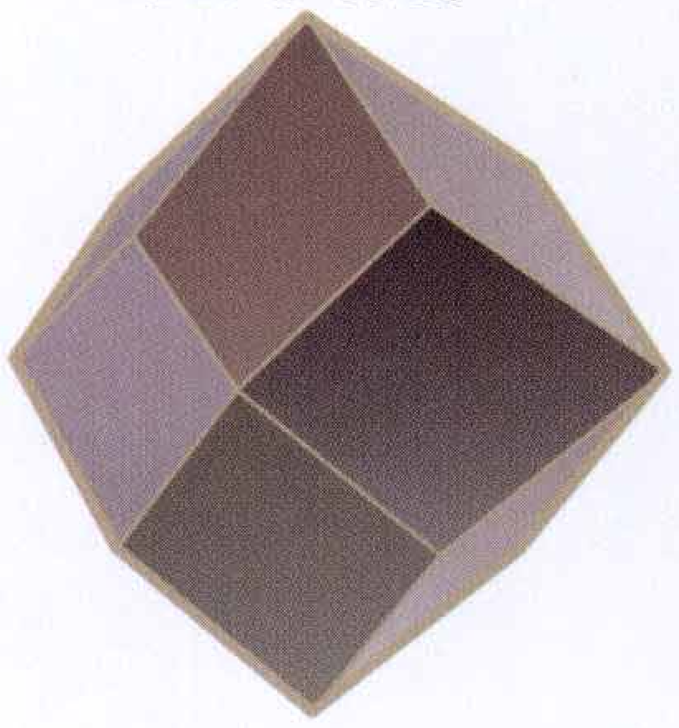
金伯利矿



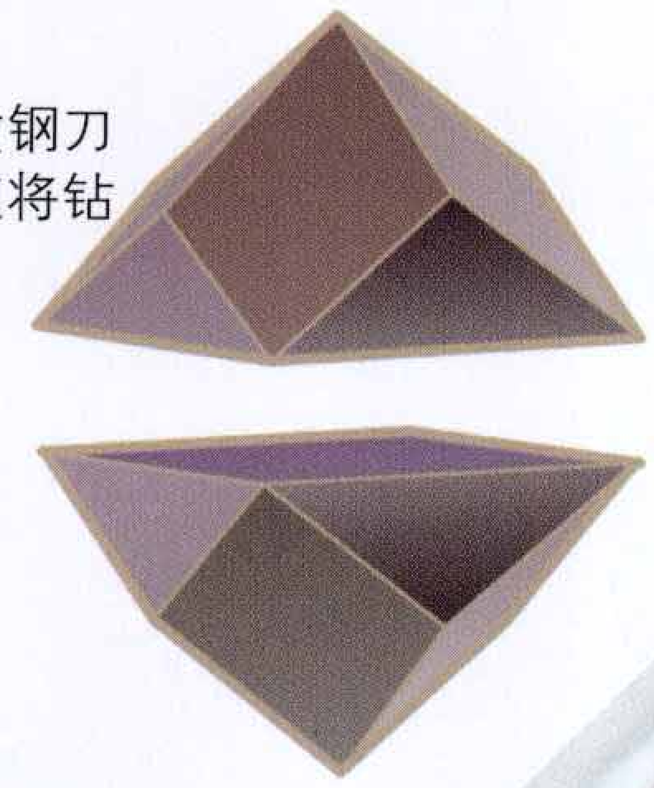
2 切割和雕刻

钻石要使用其他由钻石制作的工具进行切割，达到最完美的状态。钻石的切割由专业切割师完成。

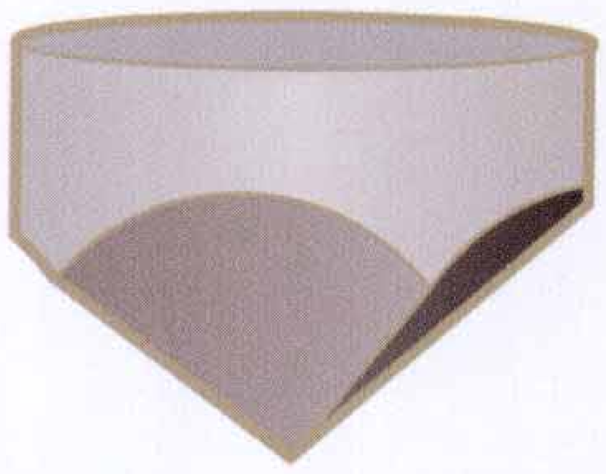
A 目测
为切割钻石，要测定页状剥落。



B 切割
使用优质钢刀片，迅速将钻石切开。



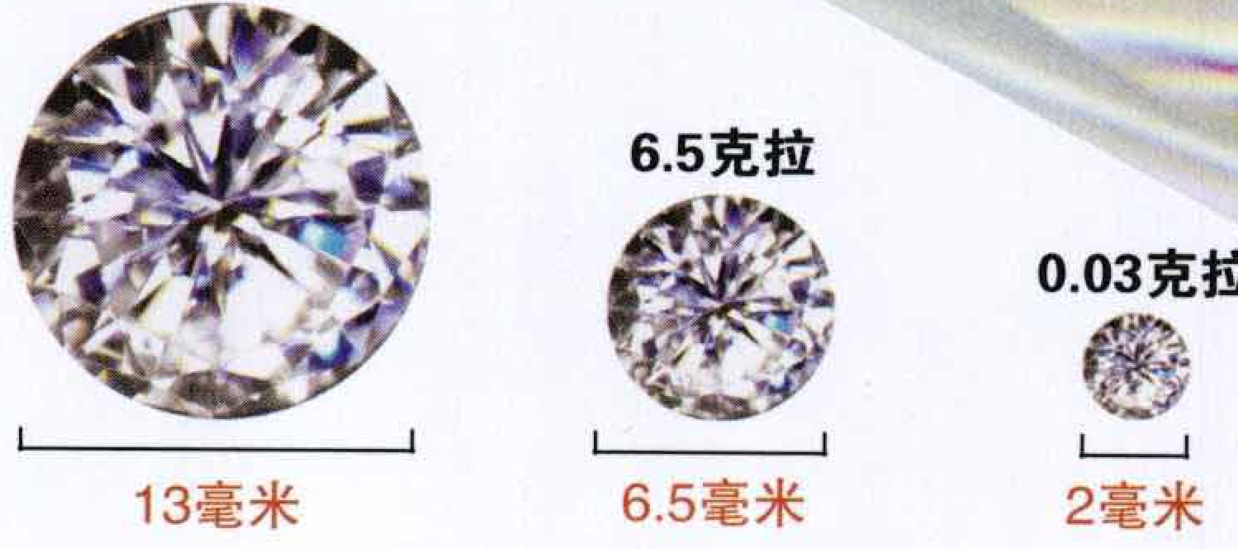
C 雕刻
使用凿子、锤子或圆锯对钻石进行整形加工。



要得到**0.2克（1克拉）钻石，**
必须除去

25吨

矿物。



各种宝石

钻石
钻石的颜色取决于其化学杂质。

绿宝石
铬元素赋予其特征鲜明的绿色。

猫眼石
此种无定形的硅石具有多种颜色。

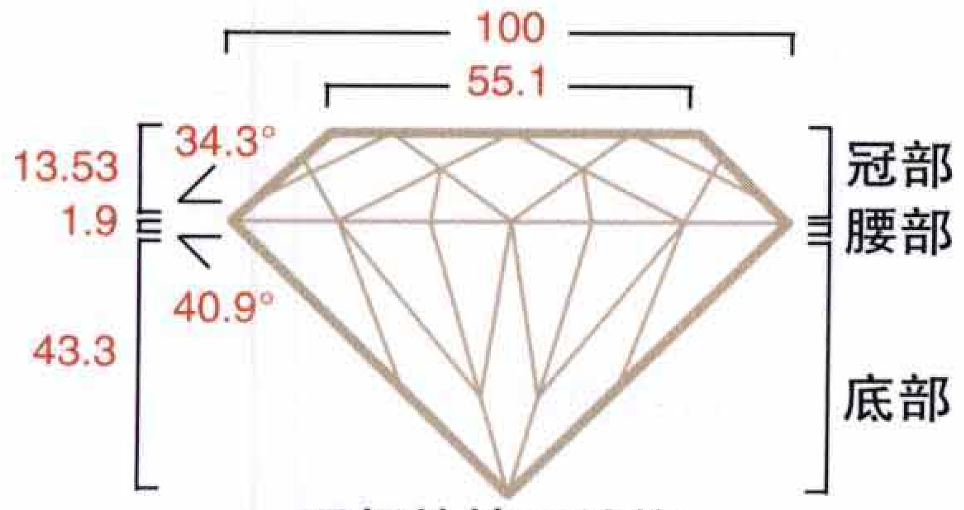
红宝石
其红色来源于铬元素。

宝石

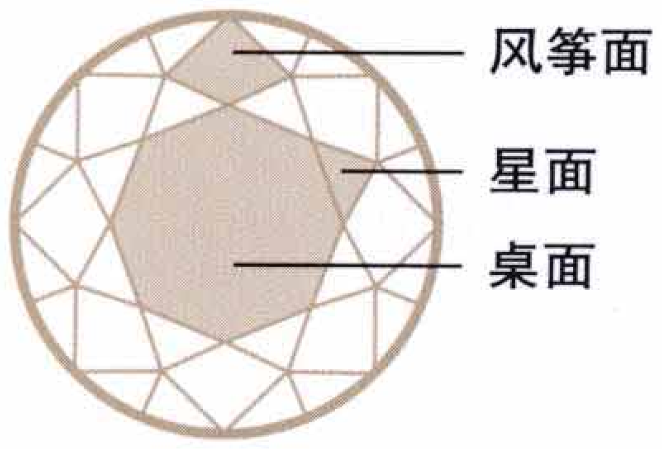
矿物、岩石或石化物质经过切割和抛光后，可制作成珠宝。宝石的切口和切割的片数取决于具体的矿物及其晶体结构。

3 抛光

对修整后的宝石的各个面进行修饰。



理想的钻石结构

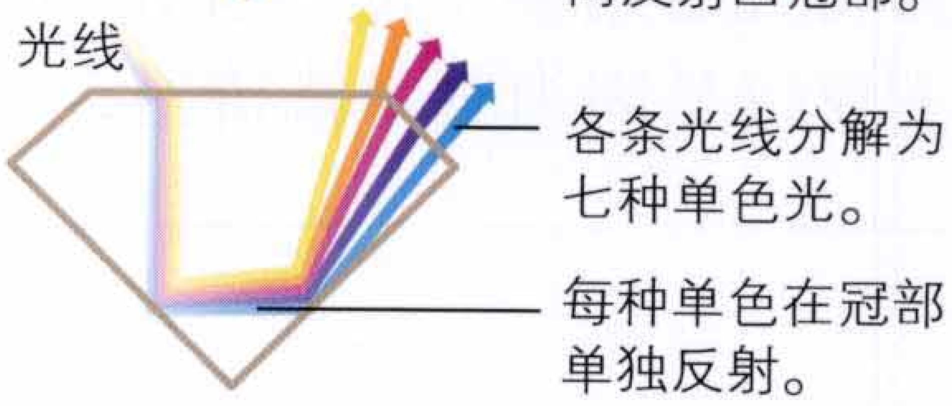


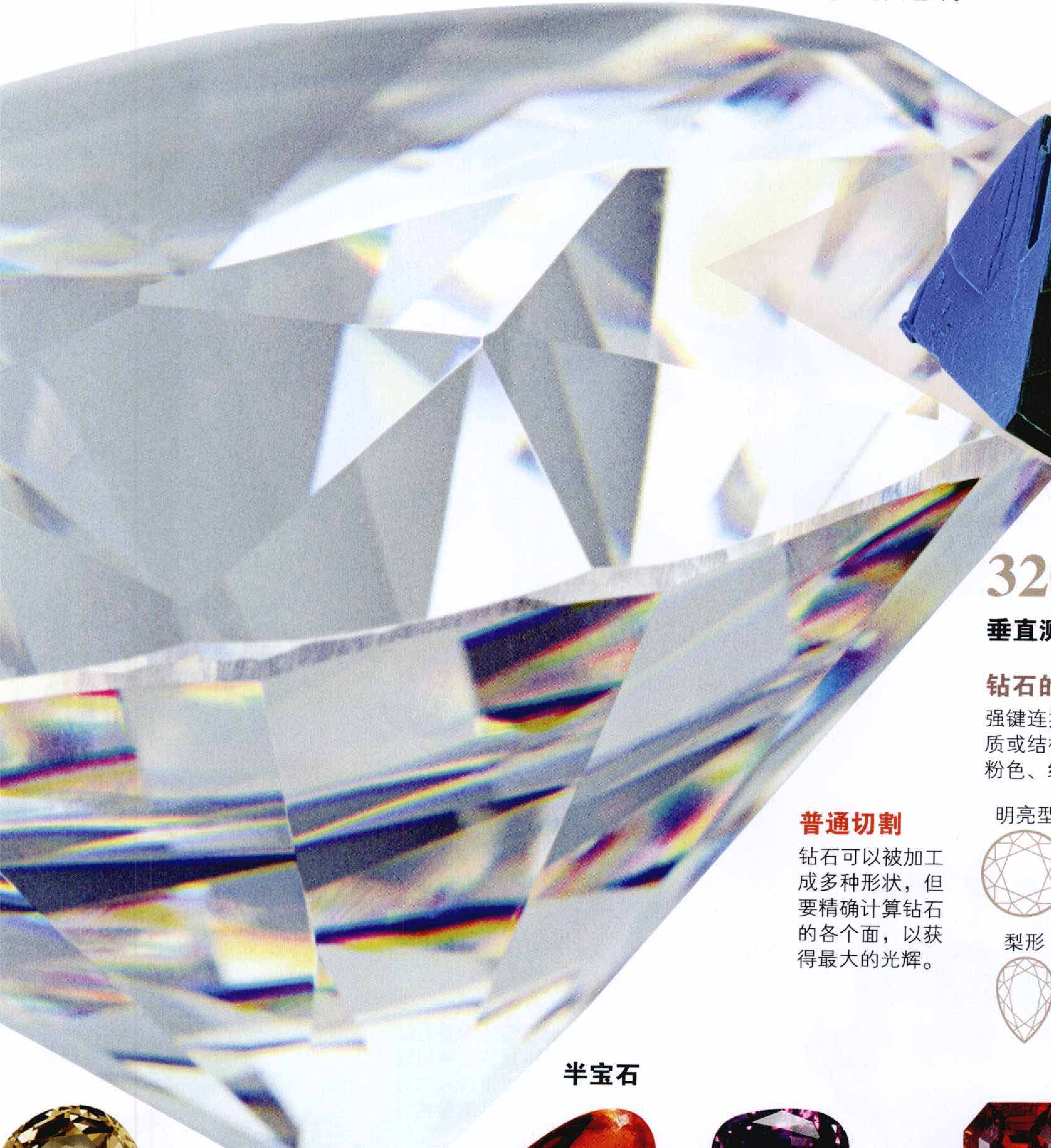
光

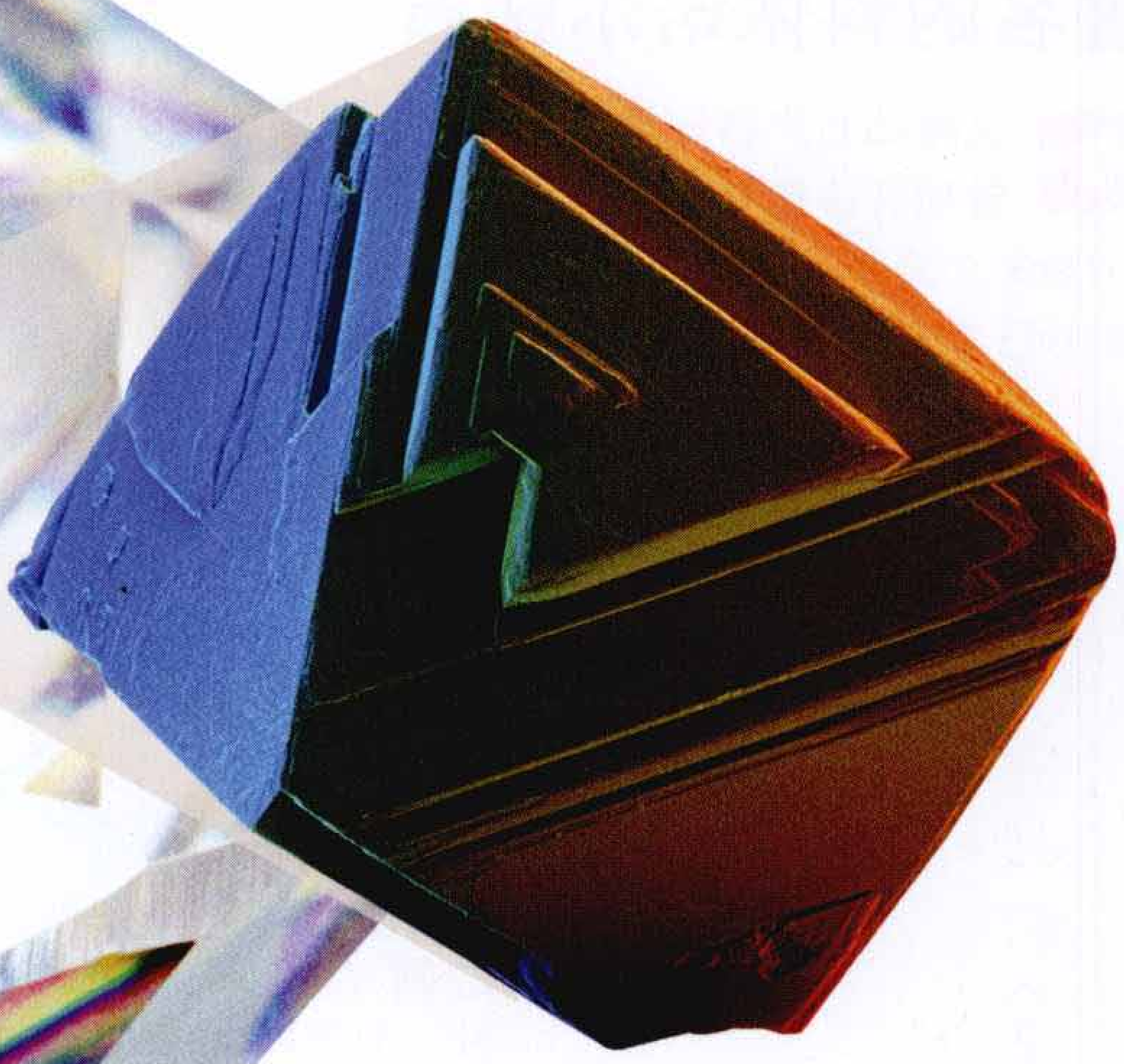
钻石内部的各个面像镜子一样，因为各面都是采用精确的角度和比例进行切割的。

光辉

切割完美的钻石发出的光辉。每条光线都折射出彩虹般的色泽。







320微米

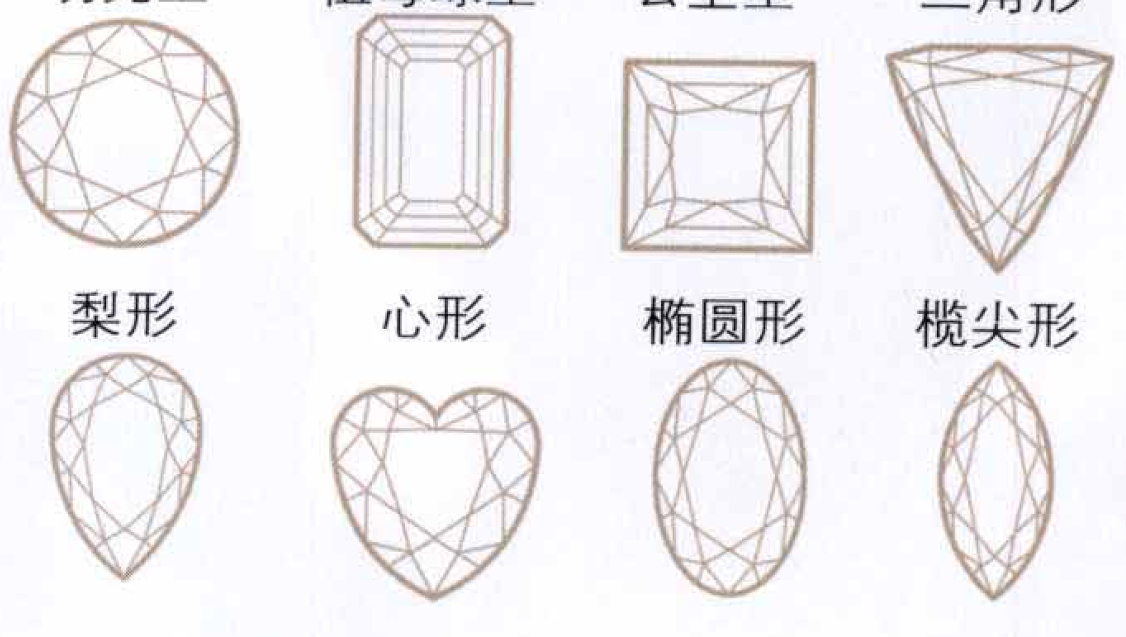
垂直测量

钻石的化学性质

强键连接的碳原子以立方晶系结构结晶。杂质或结构瑕疵会使钻石出现杂色，如黄色、粉色、绿色和带蓝光的白色。

普通切割

钻石可以被加工成多种形状，但要精确计算钻石的各个面，以获得最大的光辉。



半宝石

蓝宝石

蓝色到无色的刚玉，也可能是黄色的。

黄玉

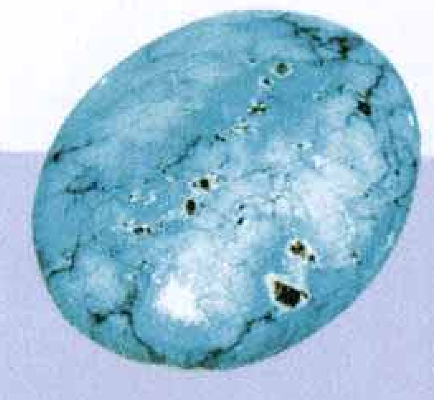
可呈各种颜色的宝石，由硅、铝和氟元素组成。

紫晶

一种石英，其颜色来源于锰和铁元素。

石榴石

铁、铝、镁和钒元素的混合物。

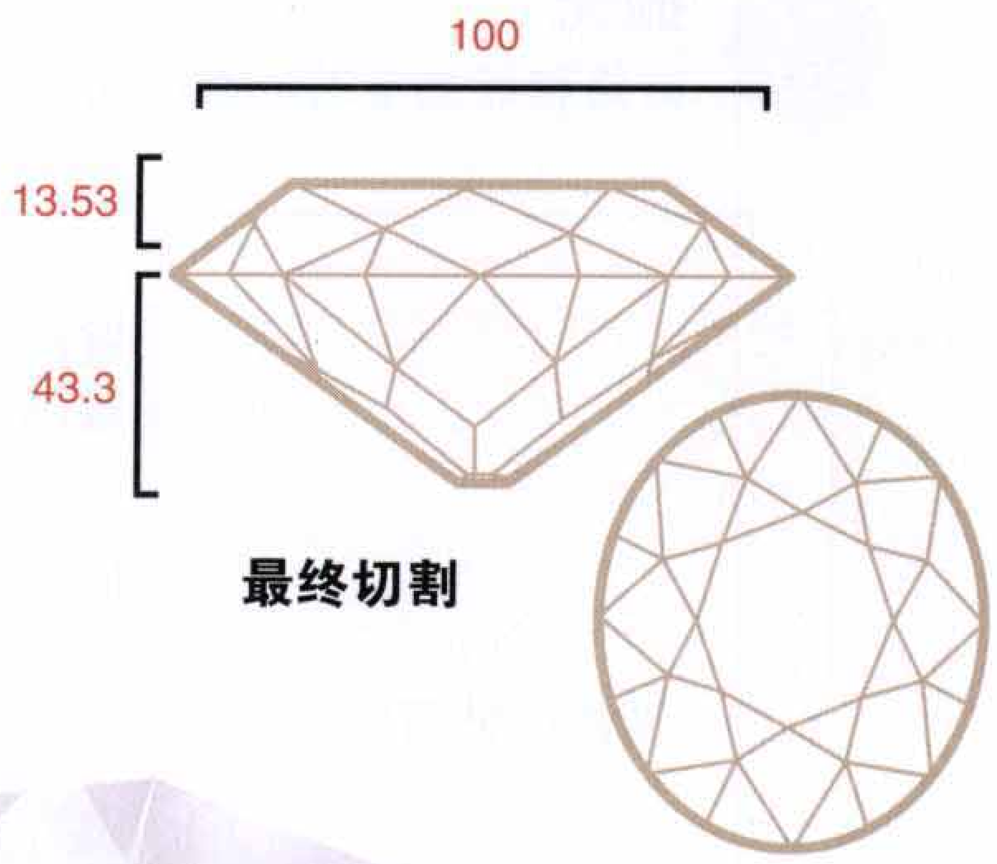


绿松石

正磷酸铝和蓝绿色铜的混合物。

历史上的钻石

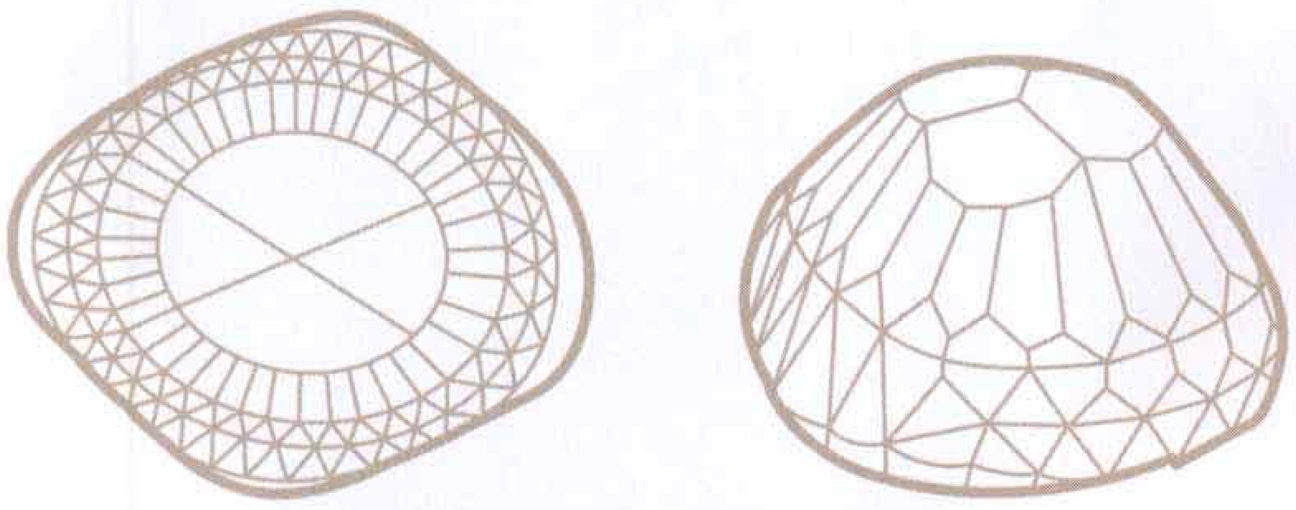
钻石是财富和身份的象征，其货币价值由供需关系决定。公元前500年，印度人首次发现钻石，20世纪早期，美国将钻石宣传为丈夫送给妻子的传统礼物，由此名声大噪。一些钻石成为名钻，不仅仅是因为其经济价值，还因为它们背后的故事与传说。



最终切割

著名的科依诺尔钻石

这颗钻石产自印度，现在属于英国皇室。玛尔瓦地区部族族长曾拥有该钻石长达两个世纪之久，直到1304年被蒙古人窃走。1739年，波斯人获得了此钻石。这颗钻石经历了诸多血腥的争斗，直到1813年回到印度。之后，它被进献给了英国女王。



原始切割

这颗钻石原重186克拉，有30个晶面，被打磨成6个晶面，然后，又依次打磨成一个面。这也是它被称为“光之山”的原因。

王太后加冕

历 史

1856年，此钻石作为锡克战争的赔偿，被献给维多利亚女王。然后，女王请人对其重新进行切割，其重量减少到109克拉。

只属于女人

传说这颗钻石会给男人带来灾难，迷信的维多利亚女王在其遗嘱中声明，此钻石只能传给未来的王后。

王太后的皇冠

泰勒—伯顿钻石
这颗钻石重69.42克拉，在1969年拍卖会上被卡特尔买走之后，又以110万美元的价格卖给演员理查·伯顿。理查·伯顿的妻子伊丽莎白·泰勒在与丈夫离婚后，以3倍的价格将其售出。

伊丽莎白·泰勒

钻石谷的传说
亚历山大大帝将钻石谷的古老传说传播到欧洲。后来，它还被编入《天方夜谭（一千零一夜）》。传说在印度北方的群山里，有一座人迹罕至的山谷。山谷的谷底铺满了钻石。为了获得这些钻石，人们将生肉扔进这个山谷里，然后让经过训练的鸟将肉叼回来，叼回的肉上沾满了钻石。

拥有希望之星钻石的不幸

传说自从希望之星钻石被从印度悉多女神的神庙中盗出后，它会给钻石的主人带来伤害。根据传说，钻石携带的诅咒会消灭生命、吞噬财物。1949年，钻石专家哈里温斯顿买下了这颗钻石，并于1958年将其捐赠给美国华盛顿特区史密森学会，供众人观赏。

传 说

许多年来，因为希望之星钻石所有者的悲剧性死亡，人们越来越相信希望之星钻石携带诅咒。希望之星钻石的最后一位私人拥有者——弗琳·沃尔什·麦克林在屡遭家庭悲剧后，仍没能售出这颗钻石。

1669年 路易十四得到这颗钻石，却死于坏疽。

1830年 亨利·侯普买下这颗钻石，因遭受诅咒的痛苦，很快就卖掉了它。

1830年 当麦克林家族成员拥有这颗钻石时，这个家族的族长和他的两个女儿去世。

原始切割
因为含有硼，钻石呈现最纯的蓝色。该钻石的颜色还受到氮元素的影响，氮为钻石增加了一点浅黄色的阴影。

弗琳·沃尔什·麦克林

世界上最大的钻石——库利南

该钻石于1905年在南非被发现，是迄今发现的最大的钻石。两年后，该钻石以30万美元的价格被南非德兰士瓦省政府收购。之后，又被进献给爱德华七世，作为其66岁生日礼物。爱德华七世将钻石交给荷兰钻石切割师约瑟夫·亚塞，将其切割成105块。

9大块和96小块
约瑟夫·亚塞对这块巨钻整整研究了6个月，才确定好切割方案。他将其分割成9个大块和96个小块。

非洲之星
这颗宝石是世界上第二大切割钻石，重达530克拉。它属于英国王室，所以展示在伦敦塔中。

530克拉

“库利南1号”重530克拉，是原库利南钻石中最大的一块。其次，是“库利南2号”，重317克拉，被镶嵌在皇室的王冠中。

最终切割

最常见的矿物

硅酸盐是地壳中含量最丰富的矿物，约占地壳总量的95%。硅酸盐为四面体结构，由1个硅离子和4个氧离子键合构成其各个单元，组合形成几种类型的形态，从隔离的单个四面体结构、单链和双链结构到片状结构，再到三维复杂网络结构。它们呈浅色或深色，深色缘于其化学结构中所含的铁和镁元素。

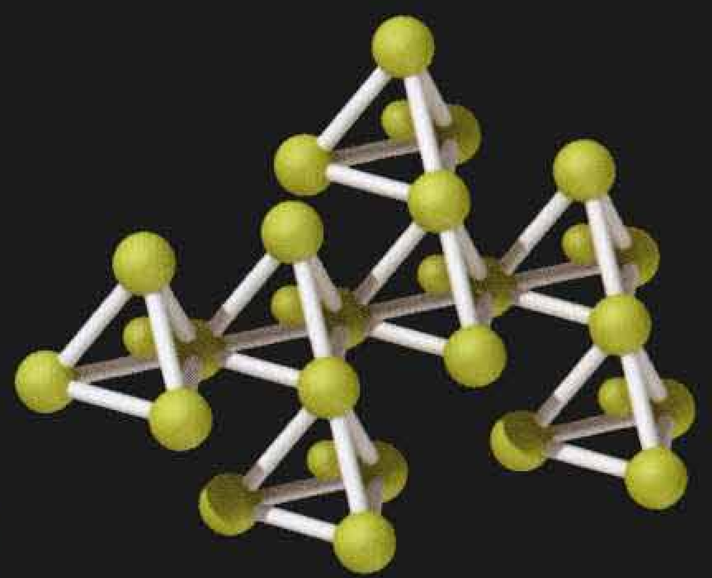
斜辉石

各种结构

硅酸盐的基本单元由位于四面体顶点的4个氧离子围绕1个硅离子构成。四面体可通过共用氧离子来构成单链、层状结构或复杂的三维结构。结构形态也决定了硅酸盐的页状剥落或断层类型：例如云母，由多层构成，剥落为平整的薄面，而石英则形成断层。

复杂结构

当四面体与相邻的四面体共享3个氧离子时，就产生了这种结构，并向外伸展，形成了一个宽的薄片层。因为氧和硅之间形成了最强大的化学键，沿着其他键的方向，与薄片层平行，形成了页状剥落。这种类型的结构有很多例子，其中最常见的是云母和黏土。黏土能够将水分保存在其内部薄片层之间，这就使得其大小在水合后会发生各种变化。


链

黏土是复杂的矿物，颗粒非常细小，呈片状结构。

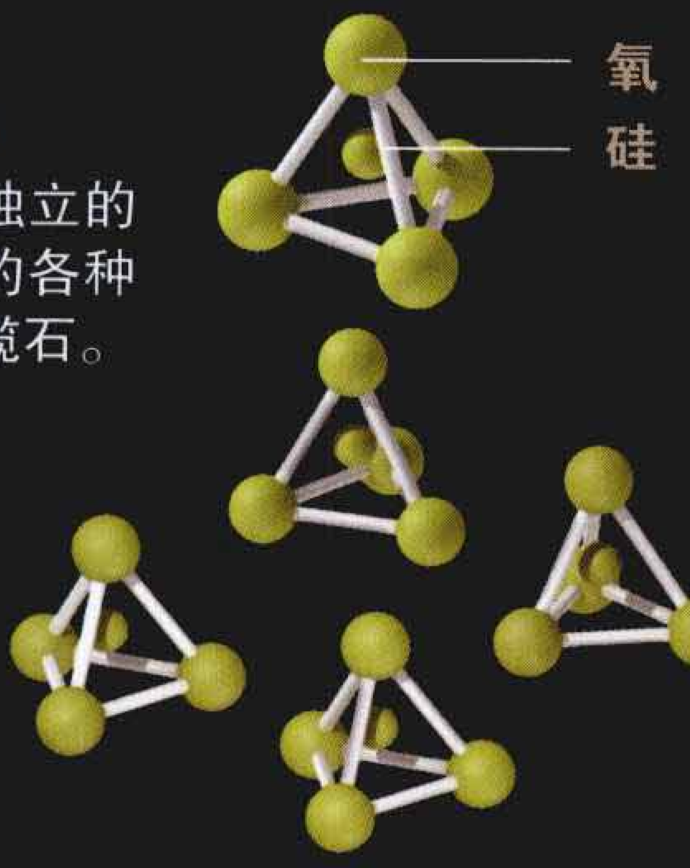
简单结构

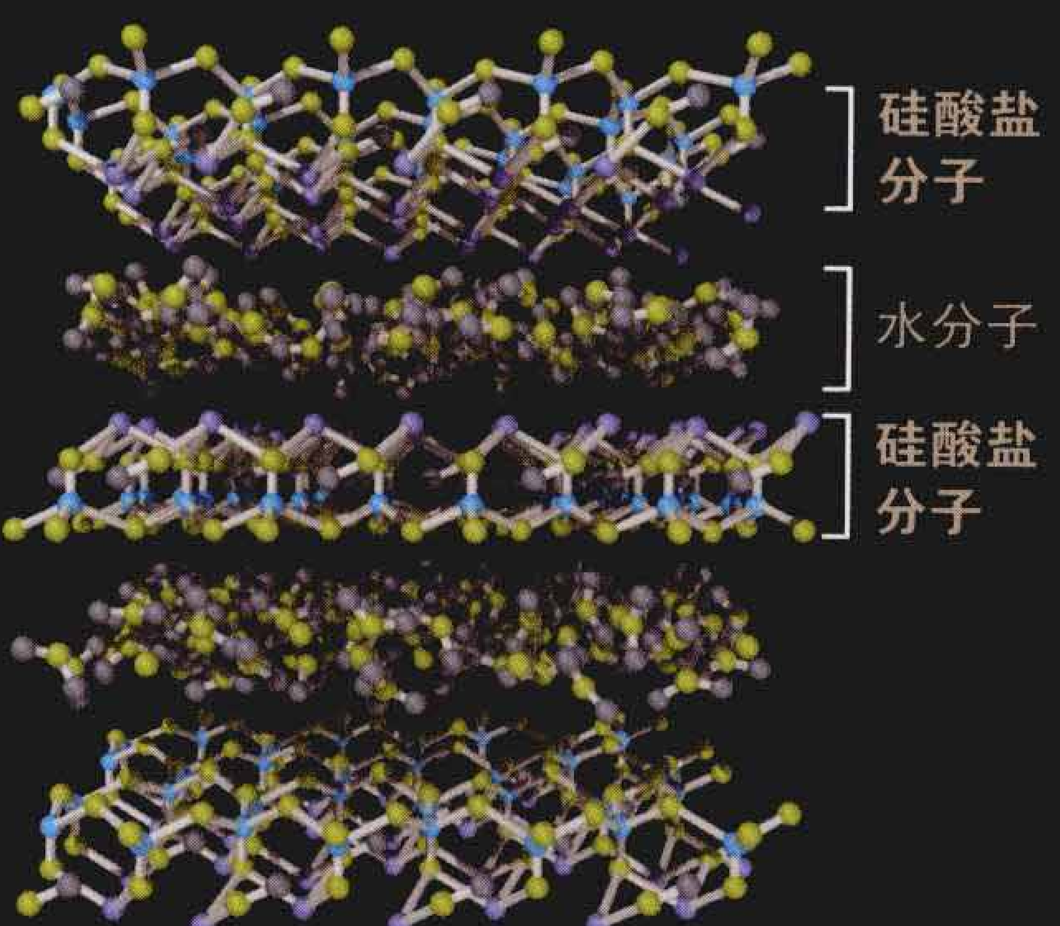
各种硅酸盐具有相同的基本构成：硅—氧四面体。该结构由4个氧离子围绕1个小得多的硅离子构成。因为这个四面体不与其他四面体共享氧离子，所以其结构简单。

高岭石

未化合硅酸盐

这是一类包括由独立的硅氧四面体构成的各种硅酸盐，例如橄榄石。

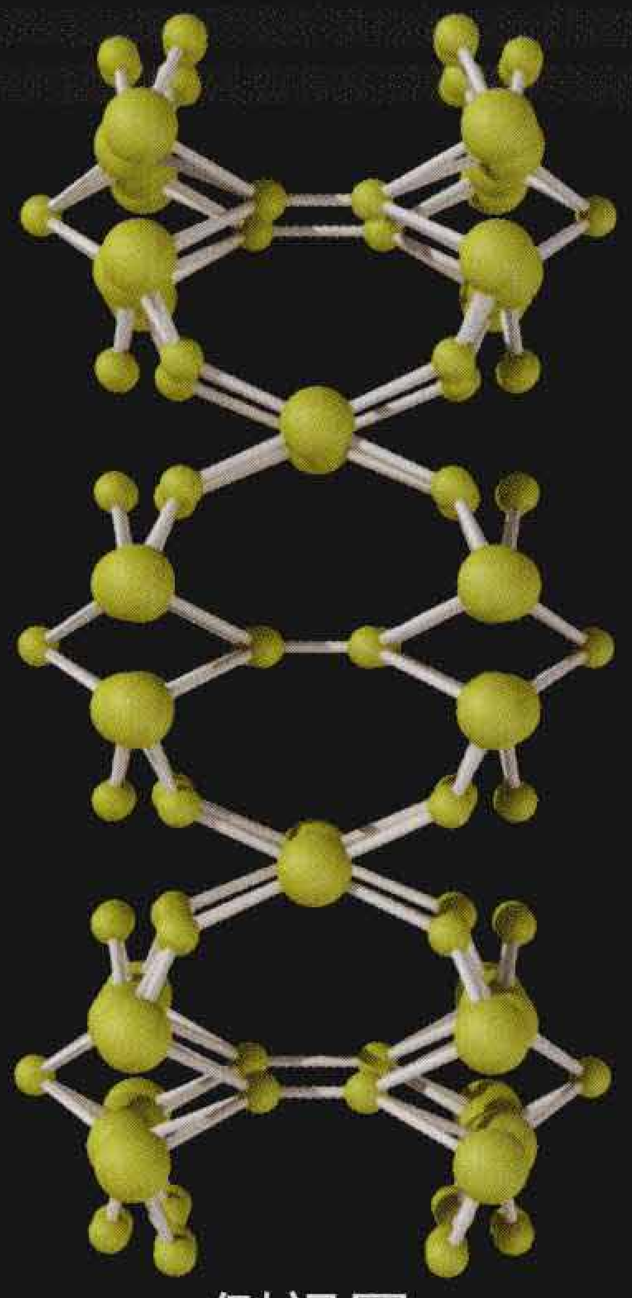




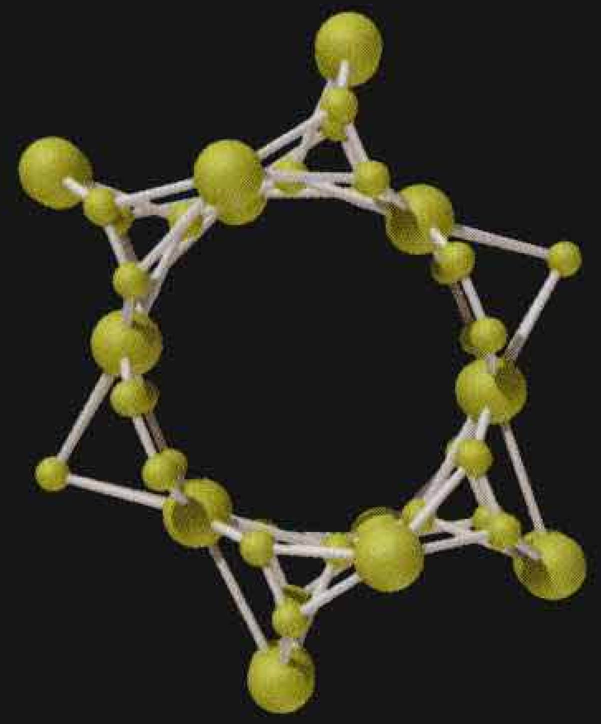
橄榄石

三维结构

地壳的3/4由结构复杂的硅酸盐组成。硅石、长石、似长石、方柱石和沸石都具有此种类型的结构。它们的主要特征是四面体共用氧离子，形成一个结构单一的三维网络。石英属于硅石类。



侧视图



俯视图

三维结构

石英具有复杂的三维结构，仅由硅和氧组成。

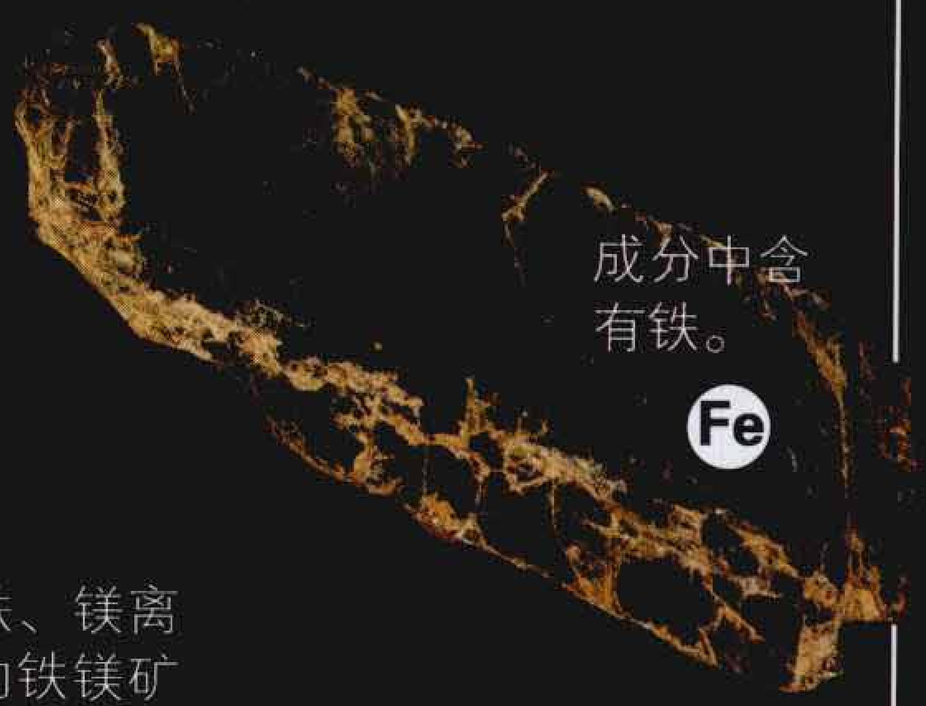
矿物组合

深色硅酸盐

铁与镁

例如：黑云母

这种矿物的颜色和重量由铁、镁离子决定。黑云母属于常说的铁镁矿物，比重范围为3.2~3.6。



浅色硅酸盐

镁

例如：滑石

这种矿物含有不同量的钙、铝、钠和钾，平均比重为2.7，比铁镁矿物低许多。

产生的形状

石英晶体为六面体，其六个面聚合成一个尖形（金字塔形）。

大型晶体

要形成大型的石英晶体，需要大量的硅和氧，以及大量的时间和充足的空间。

非硅酸盐矿物

在地壳中，硫、氧化物、硫酸盐、单质、碳酸盐、氢氧化物和磷酸盐的含量比硅酸盐少，它们仅占8%，但是，它们具有很高的经济价值，也是岩石的重要成分。自古以来，一些矿物由于其功用或美丽而得到青睐，而其他一些矿物被尝试应用于工业用途。

很少以纯净状态存在

在地壳中，天然的化学元素很少以纯净的状态出现。一般都要通过工业化学过程从其他矿物中提取。不过，偶尔也会在岩石中发现一些以纯净状态存在的矿物。例如，钻石就是纯净的碳元素矿物。

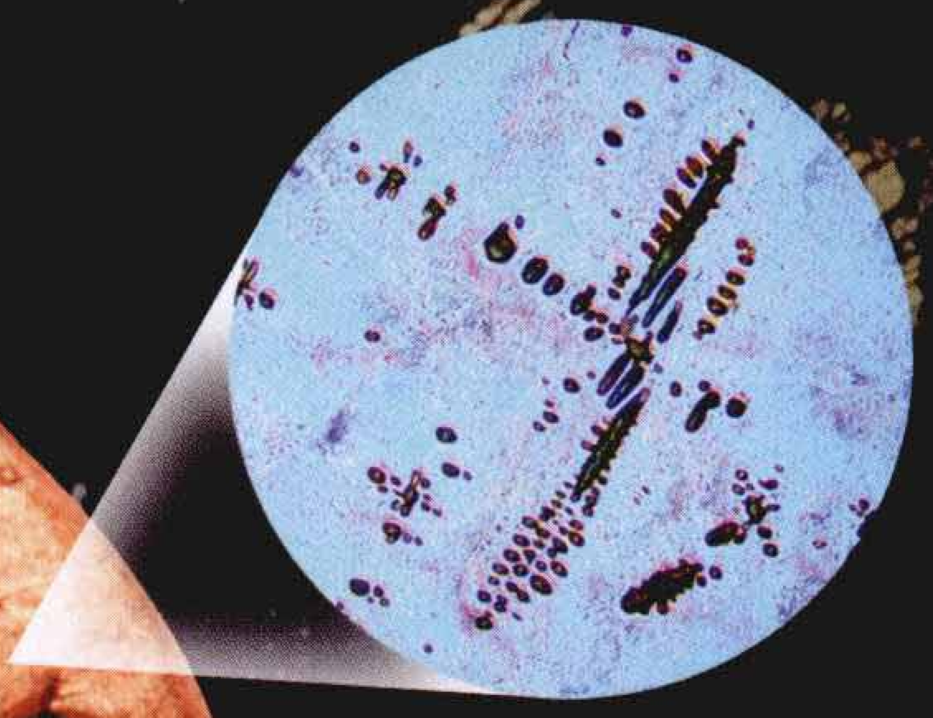
天然元素

碳结晶后能形成金刚石和石墨等矿物，除了碳之外，铜、金、硫、银、铂和其他一些矿物也都曾被发现以天然元素的形态存在。

缔合
绿色表明形成了硫酸铜。

黄铜矿的形成
铁、铜和硫参与形成过程。

铜

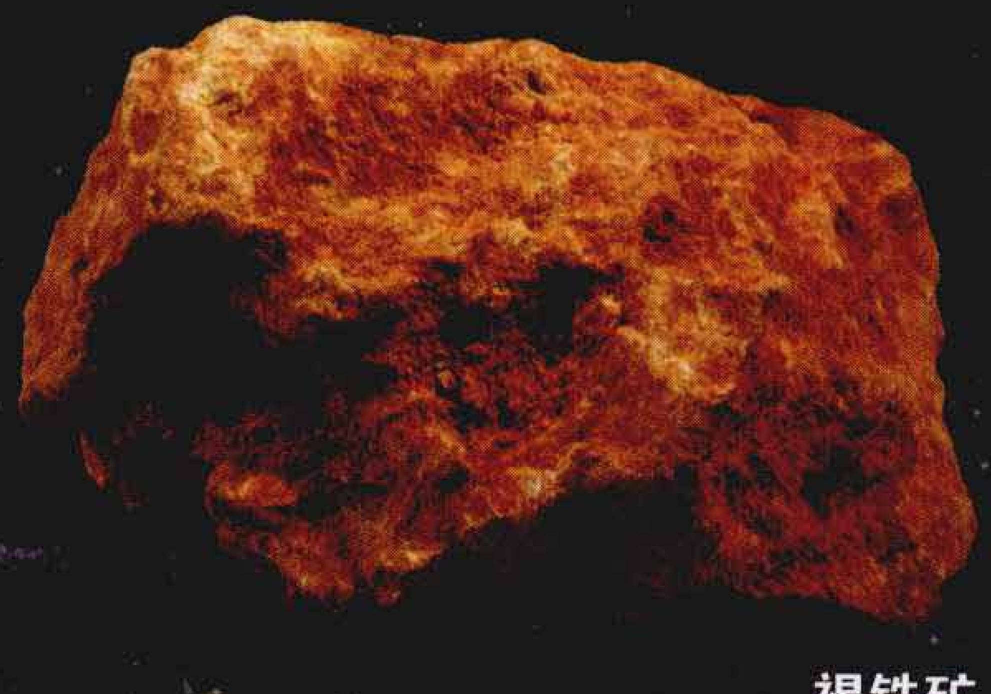


树枝状结晶
铜固化和结晶时，显微镜观察到的形态。

3厘米

铜块能达到很高的纯度。

磷灰石



褐铁矿

磁铁矿

氧化物

金属与氧原子结合。钛铁矿、赤铁矿和铬铁矿分别是提取钛、铁和铬的矿石。红宝石和蓝宝石是从刚玉中提取的。

氢氧化物

化学名词中称为氢氧基，此类矿物通过与氧元素和水的结合而形成。褐铁矿和铝土矿（氢氧化铝）都属于最丰富的氢氧化物。褐铁矿是用作红色颜料的铁矿石，铝土矿（氢氧化铝）是提炼铝的矿石。铝是一种金属，其应用越来越广泛。

磷酸盐

磷灰石（用作肥料）和半宝石绿松石都是磷酸盐矿物。这些物质结构复杂，在1个离子上，由1个磷原子和4个氧原子组成。这些离子又依次与其他元素的复合离子相结合。

在合金和化合物中

与硅酸盐的情况一样，也很难找到由纯非硅酸盐元素（即只有一种原子构成的元素）构成的岩石。金属和非金属的天然组元，趋向于组合在一起，构成化合物和合金。从化学观点来看，即使是冰，即固态水，也是氢氧原子的化合物。一些化合物可用作矿石，是指它们由于其组元而被开采使用。例如，纯铝从铝土矿中获得。不过，其他一些化合矿物是因其特殊的性能而被广泛应用，这些性能可能和它们单个组元的性能差异巨大。磁铁矿就是这种情况，磁铁矿是一种铁氧化物。

孔雀石

石膏簇

硫酸盐

广泛应用于建筑的石膏，是一种在海里形成、结构含水的硫酸钙。如不含水，硫酸钙则构成另一种矿物——硬石膏，也可用于建筑。重晶石也是一种硫酸盐，可以从中提取金属钡。

氟石

卤化物

卤化物是二元化合物。精制食盐（氯化钠）就是一种卤化物。卤化物有许多种用途：氟石用于钢铁的工业生产，钾盐（氯化钾）用作肥料。

碳酸盐

碳酸盐矿物比硅酸盐矿物简单，由1个阴离子与1个阳离子结合构成。碳酸钙（方解石，石灰石的主要成分）和碳酸镁钙（白云石）是最常见的碳酸盐。

在岩石上结壳

晶体在板岩上结成硬壳，板岩是一种变质岩。

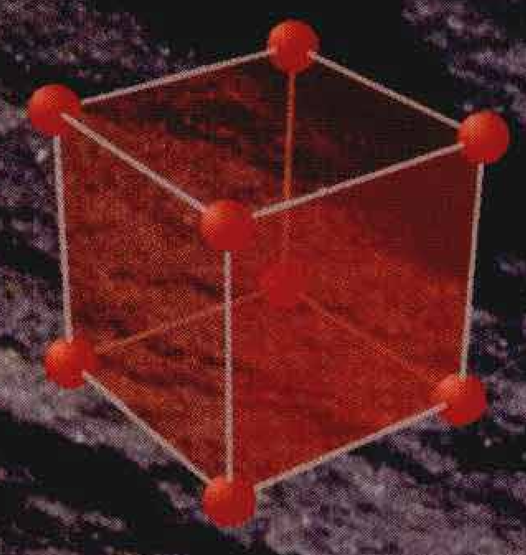
黄铁矿

"愚人金"

黄铁矿因为其闪闪发光的特性，曾被称为"愚人金"。

硫化物

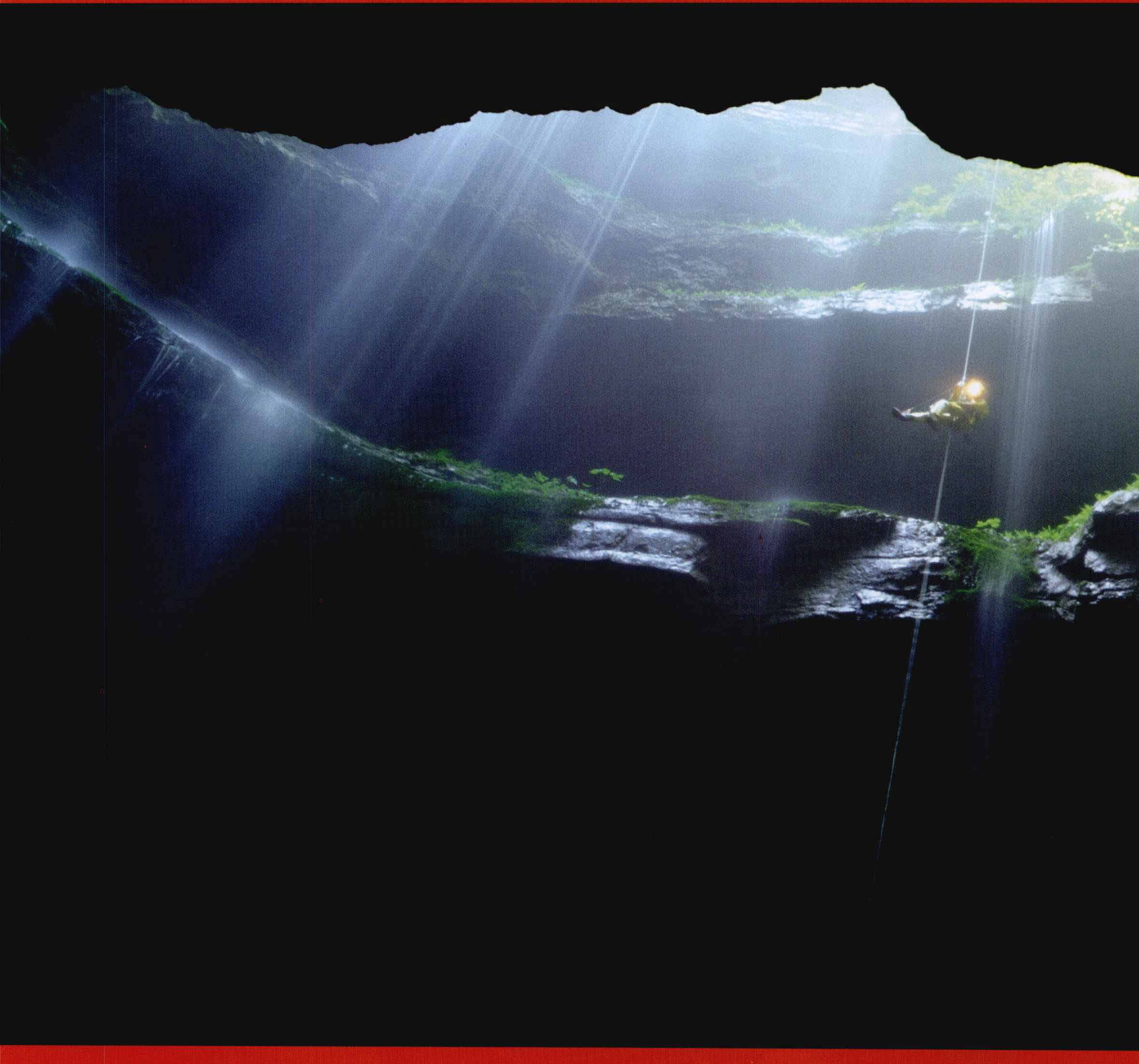
硫化物见于含有硫的金属矿石。例如黄铁矿（铁）、黄铜矿（铁和铜）、辉银矿（银）、辰砂（汞）、方铅矿（铅）和闪锌矿（锌）都是硫化物。



黄铁矿的结构

其晶体的立方体结构来自于铁原子和硫原子的平衡定位。

岩石的形成和转化



自然之伟力创造出各种令人叹服的景色，例如沙漠、海滩、高山、沟壑、峡谷以及地下溶洞。这张图片中的情景令人惊异，它激起人类探索岩洞深处奥秘的热情。岩石受到高温高压而产生奇妙的变化，最初的火成岩变成

地下的洞穴世界

美国阿拉巴马州的内弗辛克坑中的石灰石岩洞很令人敬畏，它是地球上绝无仅有的禁地。

岩石之火 42–43

雕刻山谷 44–45

变化万千 46–49

黑暗幽深 50–51

岩石物语 52–53

变质过程 54–55

生命的基础 56–57

神圣崇拜 58–59

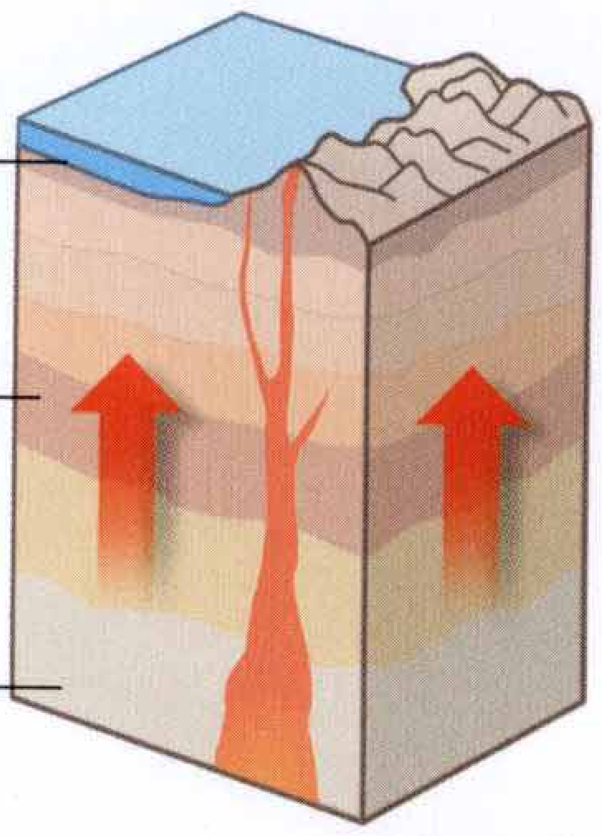
沉积岩，然后再变成变质岩。许多科学家克服种种困难，抵达人迹罕至的不毛之地，甚至深入地球深处，探寻如金银等奇异珍宝。有时候他们也艰难地找寻各种化石，以研究过去的生物和环境。●

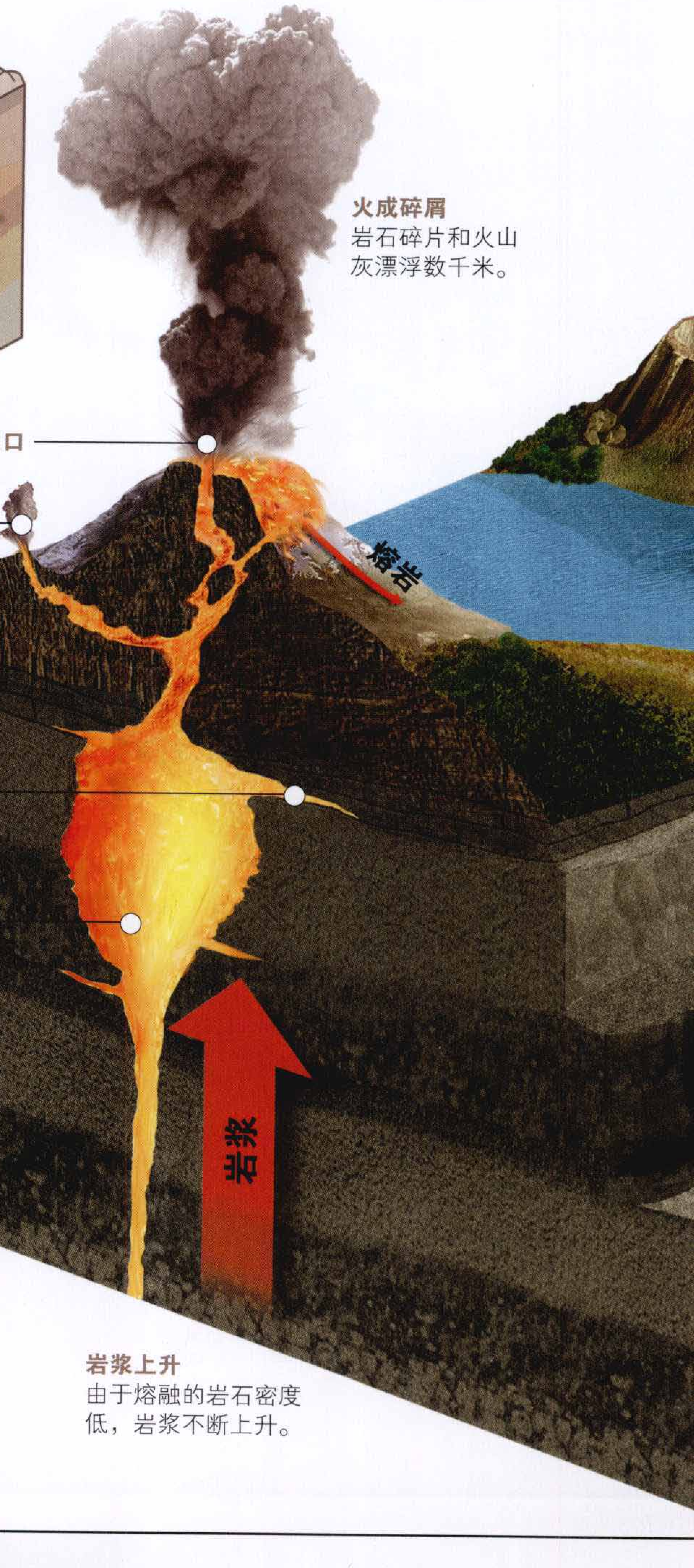
岩石之火

岩浆从地幔（地壳之下）上升、冷却，然后固化，形成火成岩。当岩浆到达地表时仍为熔岩，则会相对迅速地固化，形成喷出岩，如玄武岩和流纹岩。此外，如果岩浆渗入洞穴或进入岩石各层之间，并慢慢固化，就会形成侵入岩，如辉长岩和花岗岩。侵入岩通常纹理更粗，而且没有喷出岩的结构致密。侵入岩能够形成岩脉、岩床或地下岩基。火成岩是构成地球地壳的主要成分。●

复杂的过程

地壳的最厚处有70千米。继续向下的话，岩石呈熔融或半熔融状态，称为岩浆。岩浆穿过地壳上升，通过裂缝、孔洞或火山打开通道。在流动或静止的状态下以及在地下或喷出地表后，岩浆都能够固化。所有这些特定状态与各种不同的矿物相结合就产生了多种类型的火成岩。





地壳中的岩浆温度为

1 200℃。

在地表之下

深成岩

大部分岩浆都经历一个固化过程，在地下以深成岩体的形态存在，形成了侵入（深成）岩。当岩浆侵入到垂直裂缝中时，产生的岩组就称为岩脉，在沉淀层之间的岩组则称为岩床，而岩基则可绵延上百千米。总的说来，侵入岩结晶慢，其矿物形成的纹理较粗。不过，固化过程将决定其结构形式，固化过程的快或慢（数百万年）以及岩浆在运动过程中失去抑或获得物质，这些差异性将导致其所产生的岩石大不相同。

花岗岩

花岗岩由长石和石英晶体组成，富含钠、钾和硅。

硅含量

70%

岩脉

岩石的结构取决于其形成过程。因此，岩浆侵入岩脉形成的岩石与其周边的岩石在结构和颜色上都不相同，前者结晶速度更快。

在地表

火山岩

或称喷出岩，是指由于火山活动以熔岩形式到达地表的岩石。这些岩石在地表的固化过程相对较快。一些火山岩（如黑曜岩）因固化太快而不能结晶。此类岩石主要由其黏度进行区分，黏度使岩石形成特殊的纹理，这主要是由火山喷发时较低的含硅量和液化的气体造成的。高流动性的岩浆（如玄武岩）通常会覆盖较大面积的地表，因为它在地表外固化，但在地下仍旧保持流动状态。

玄武岩
由流动的液态岩浆迅速冷却而形成。

硅含量

50%

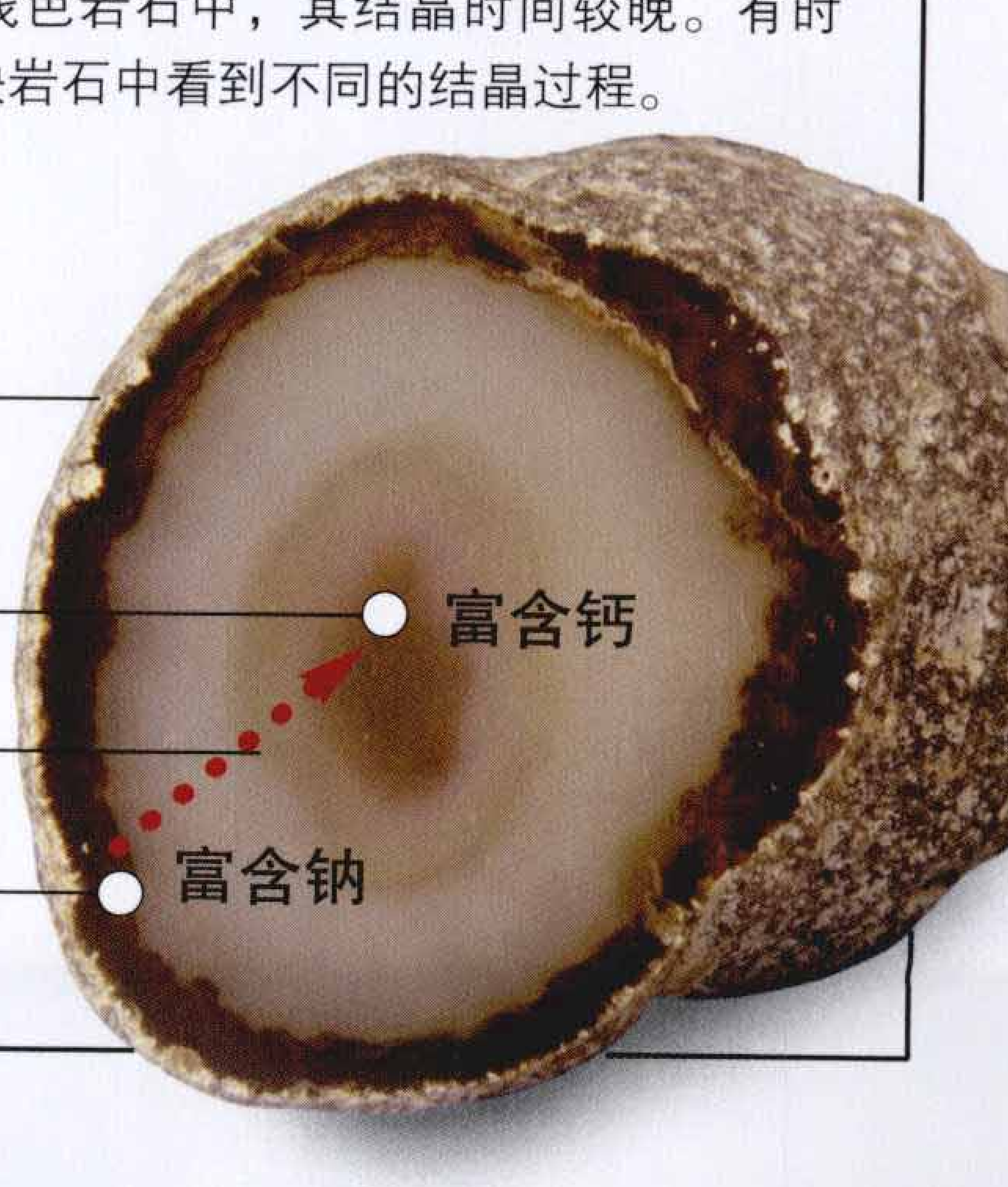
取决于熔岩的类型。

地下200千米处的岩浆温度为

1 400℃。

鲍文反应序列

不同的岩浆物质在不同的温度下固化。含钙、铁和镁的物质首先结晶，其颜色较深（橄榄石、辉石）。钠、钾和铝在较低的温度下结晶，直到结晶结束之前，仍旧保留在残余岩浆中。钠、钾和铝只出现在浅色岩石中，其结晶时间较晚。有时候，可在同一块岩石中看到不同的结晶过程。



雕刻山谷

约塞米蒂国家公园位于美国加利福尼亚州旧金山以东320千米处，占地3 081平方千米，沿内华达山脉东麓延伸，以花岗岩峭壁、瀑布、晶莹透亮的河流和巨杉林闻名于世，每年接待300多万名游客。●

1.03亿年前

埃尔卡皮坦峭壁
花岗岩岩壁，高达1 000米，可用于攀岩运动。

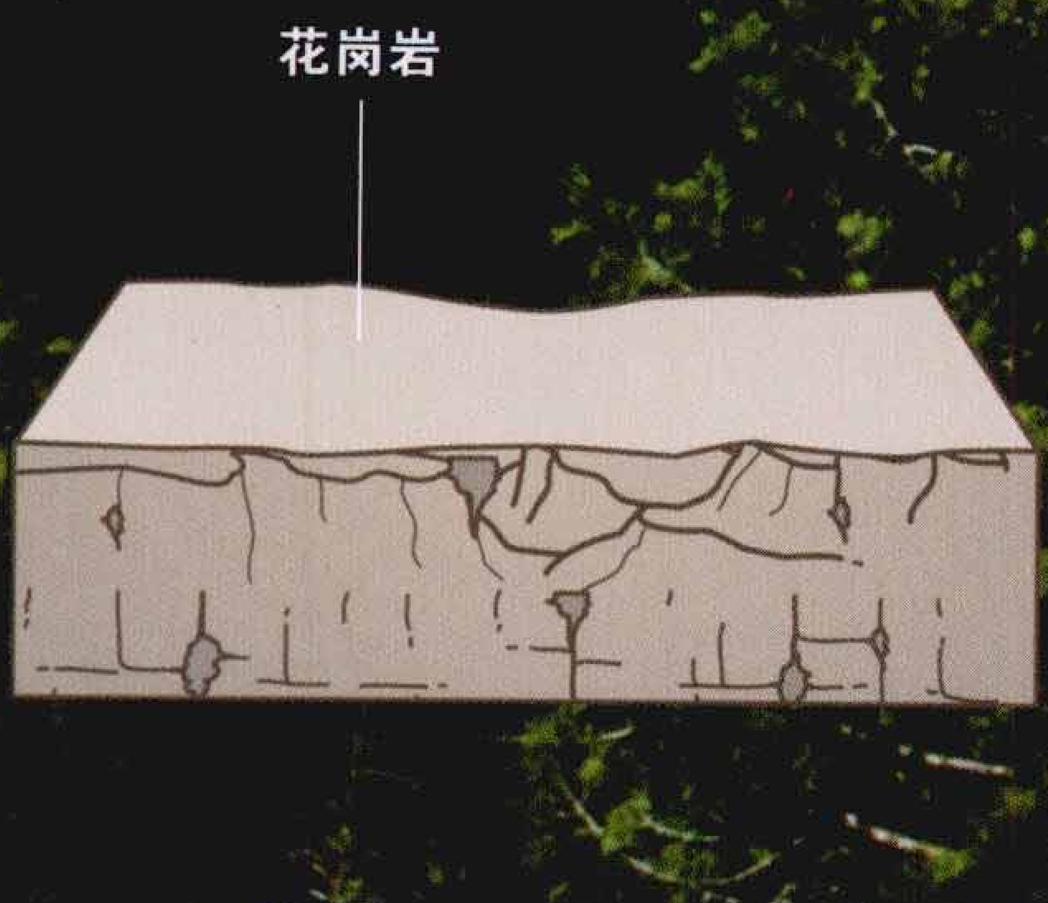
约塞米蒂国家公园

公园平均海拔高度在400~600米。公园所处地区的地质构成大部分为花岗岩岩基，但是，公园内5%的面积由火山岩和沉积岩变质作用产生的地层构成。由于不同海拔高度和断层的侵蚀作用，这里形成了多种地质环境，如山谷、峡谷、山丘等。花岗岩和变质岩中存在的硅石形成了断层和裂缝之间的巨大间隙。

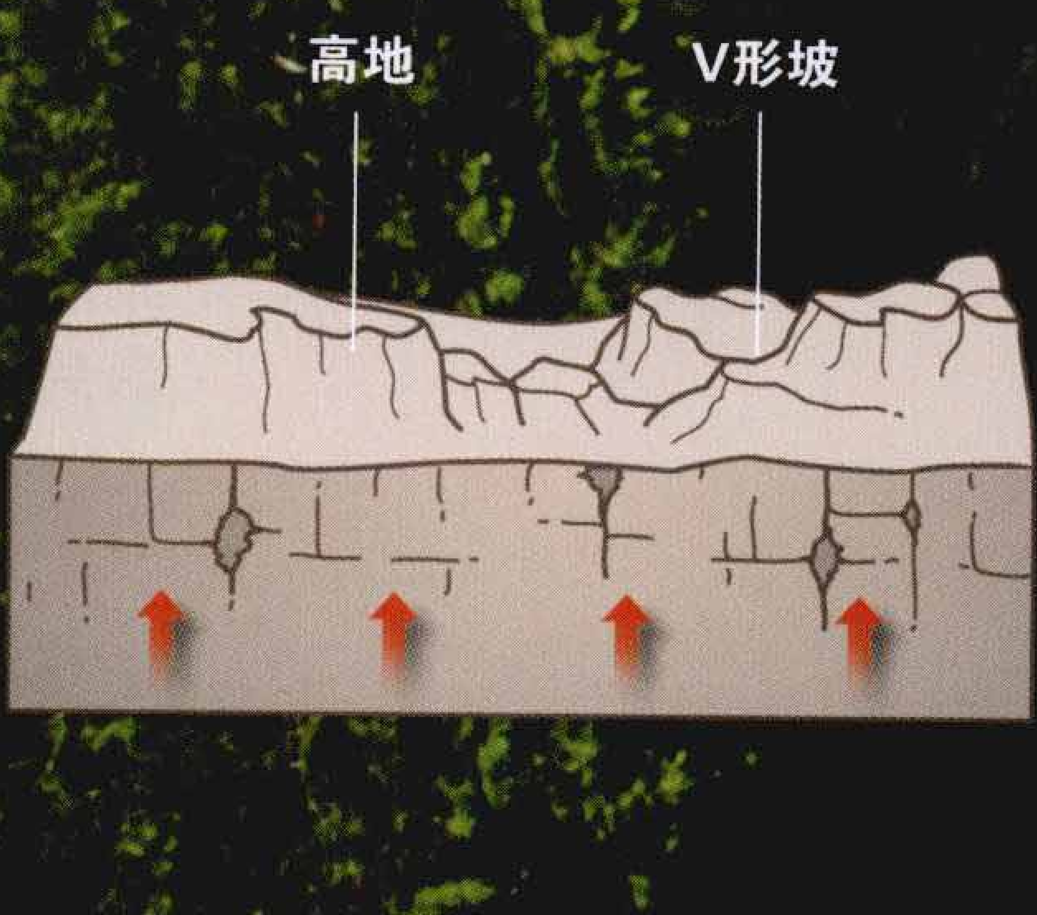
地貌的形成过程

裂缝的侵蚀作用形成了许多山谷和峡谷。在过去几百万年间，冰川作用一直是最强大的侵蚀力量，冰川把河流冲击形成的V形山谷重新塑造为U形山谷。

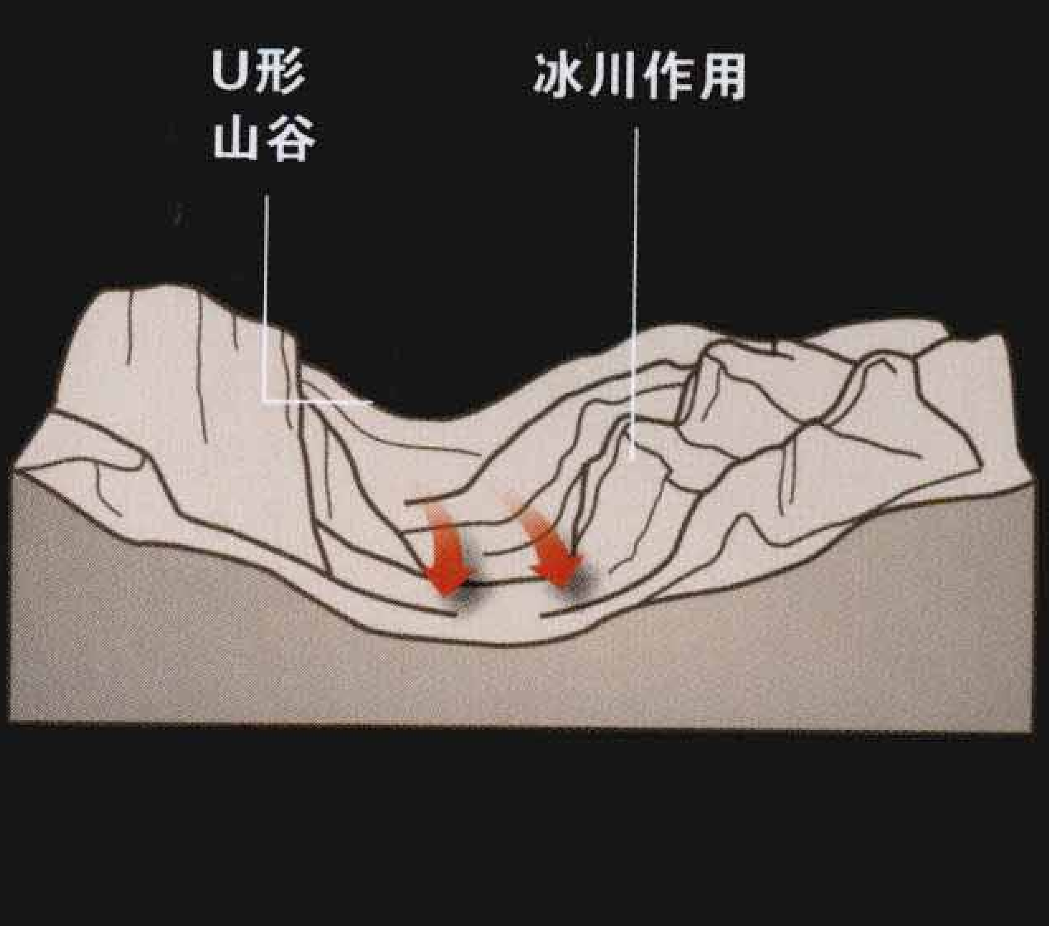
1 岩基层
在约塞米蒂国家公园，几乎全部岩石构造都由花岗岩构成。花岗岩属于原始岩基。



2 抬升
1 000万年以前，内华达山脉地壳抬升，使岩基显现。



3 侵蚀
100万年以前，冰川消退使山谷变成U形。



约塞米蒂国家公园

美国

纬度：北纬37°
经度：西经119°

位置：	加利福尼亚
面积：	3 081平方千米
2005年游客数量：	3 380 038人
开放时间：	1890年9月25日
管理机构：	美国国家公园管理局

瀑布群

约塞米蒂国家公园的一些岩石层组变成了瀑布的平台，每年4~6月，瀑布上游的雪融化时更是如此。该山谷有9条瀑布，其中5条高度超过300米。约塞米蒂瀑布高800米，它是世界第三高瀑布，也是北美最高的瀑布。

1.03亿年前

大教堂岩

主要岩石岩组之一，由致密的花岗岩岩壁聚集而成。

188米

瀑布

新娘面纱瀑布

该瀑布是由冰川在“悬谷”中消融后形成的。

8 700万年前

半圆丘

由一块花岗岩巨石构成，美丽壮观，无与伦比，高度为660米，比埃尔卡皮坦峭壁稍低。

森林

约塞米蒂国家公园有很多树种，还有三片巨杉林。

岩石

致密的花岗岩构成大块岩基。

裂缝

岩石接缝处的侵蚀作用产生裂缝。

裂缝

岩石接缝处的侵蚀作用使岩石内部形成裂缝，并形成山谷和峡谷。大块冰川向下流动，将山谷塑造成U形。如今，这种独特的景观吸引了大批游客。

变化万千

风、冰、水等自然元素引起了地球地貌的巨大变化。侵蚀和搬运作用是岩石原料产生和散布的过程。随后，这些岩石原料不断沉积，并变得稳定而致密，形成新的岩石。新岩石又会依次沉积，如此循环往复。这些岩石都属于沉积岩，也是人类最为熟悉的岩石，它们覆盖着地表的70%。科学家们通过观察不同时期的沉积岩，可以推测出当时的气候和环境发生了怎样的变化。●

1 侵蚀

由于水、风或冰的作用，对岩石表层产生磨蚀和搬运。当岩石由于物理或化学作用而破碎时，侵蚀就开始了。

蘑菇柱

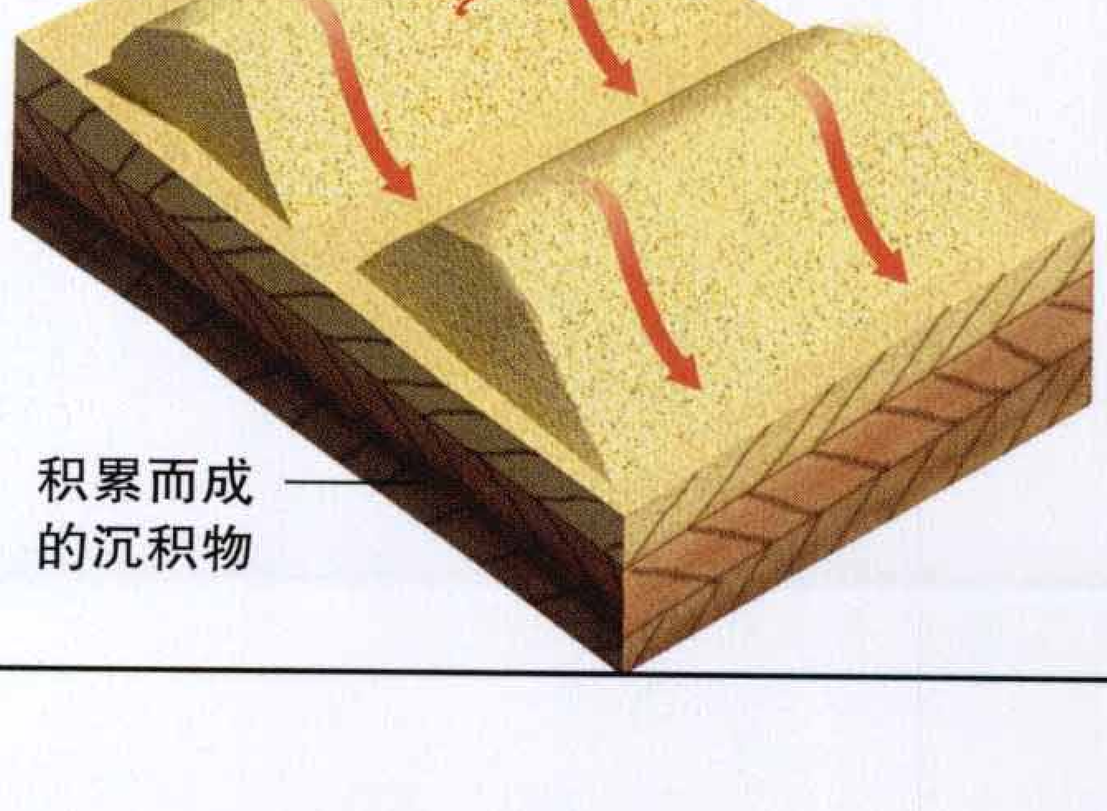
风力搬运来的沙子会形成层状造型，譬如蘑菇型。

沙漠

沙漠是由风力塑造出的最大的环境系统。因为缺乏水源，温度变化剧烈，各种物理作用力导致岩石破裂。偶尔产生的水流将岩石碎片冲到低洼地区。然后，风会把沙子和泥土吹走，这个过程称为吹蚀。通过吹蚀作用，岩石颗粒被搬运到半干旱地区。

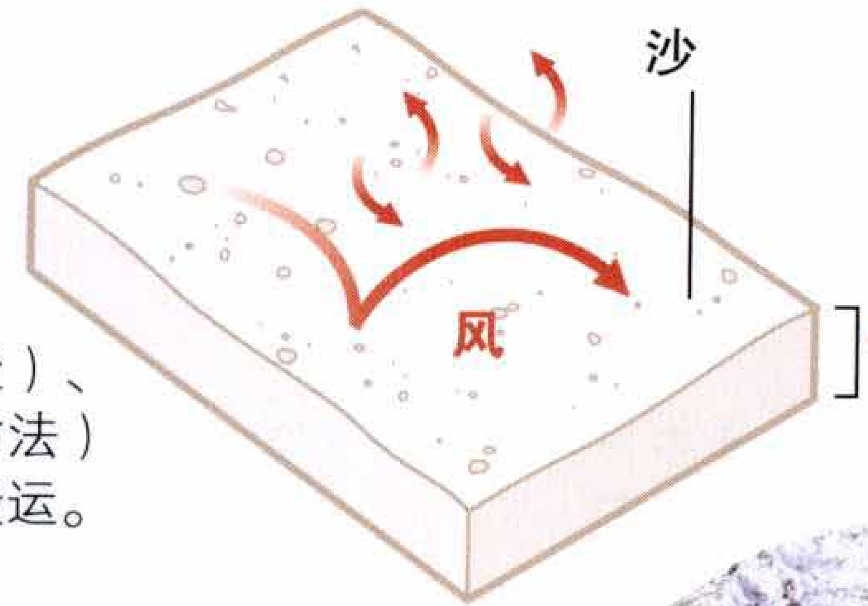
沙丘侵蚀

风通过搬运丘顶的沙粒，使沙丘移动。每年沙粒可被移动多达30米。

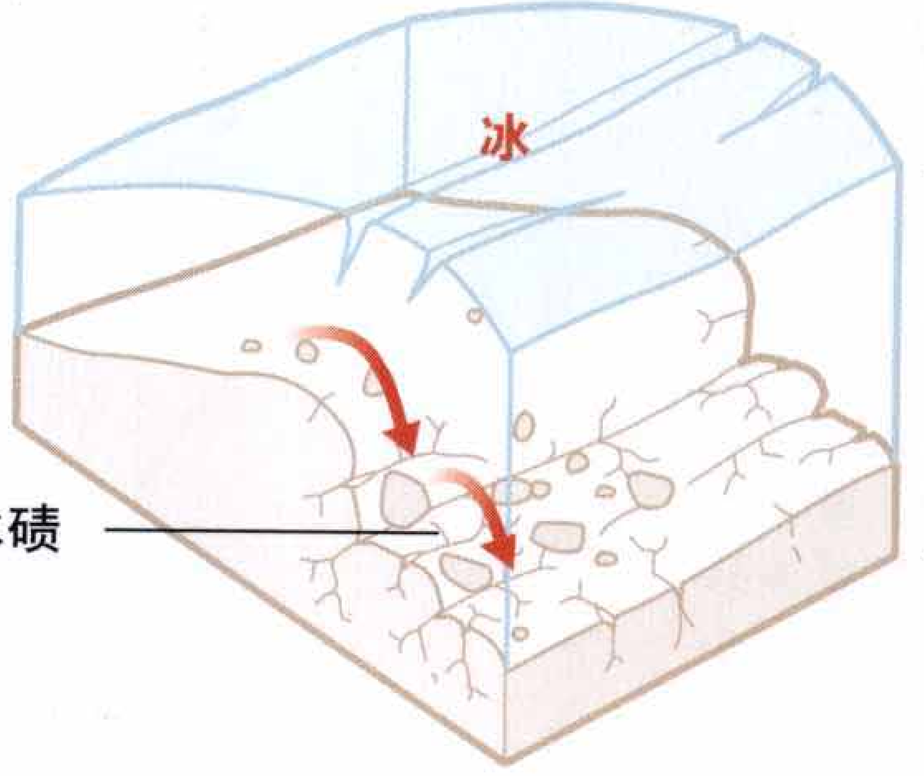


搬运沉积物

沙漠
细小颗粒
在沙漠中，风通过三种形式搬运沙粒：悬浮搬运（超细沙粒和沙尘）、搬运（最基本的方法）和沿着表面滑行搬运。



冰川
细小和不均匀颗粒
冰川能够搬运堆积在冰碛层的岩石碎片。冰碛是一种非均质材料，它们会同岩石一起被冰川移走。



冰斗
在山谷顶端，冰壁以半圆形方式进行侵蚀。

2 搬运

岩石碎片受到侵蚀后，被搬运到另一个地方，这些碎片将在该地区进行沉积。在沙漠中，风搬运沙粒，形成沙丘；在冰川中，岩石碎片形成正面和侧面冰碛。

山坡
岩石从山坡落到冰川上，构成冰碛。

中央冰碛
两个山谷冰川相遇时，构成了中央冰碛，形成大量的冰。

裂缝

被搬运的岩石
将在冰碛上沉积。

侧面冰碛
岩石碎片沿着冰川侧面蓄积，形成侧面冰碛。

漂砾
漂砾是由冰川搬运并沉积下来的大块岩石碎片。

细小颗粒沉积物
细小颗粒在冰川下面或前端沉积。沉积的物质称为冰碛。

U形山谷
冰川侵蚀山谷，因为底部受到的侵蚀最厉害，所以形成了U形。

冰川
陆地上的冰块向下滑动，形成冰川。

冰川

地面上形成巨大的冰块，通过重力作用，慢慢向下滑动。随着冰块的移动，也带走了沿途的岩石。在冰蚀山谷的顶端，冰壁以半圆形方式进行侵蚀，形成了所谓的冰斗。各个冰壁同时进行的渐进式侵蚀形成了角锥形喇叭筒或山峰峰顶。冰川经过的山谷为U形，而不是典型的由河流侵蚀形成的V形山谷。

终碛
落到冰川上的岩石和冰川携带来的岩石在冰川前部蓄积，形成了终碛。

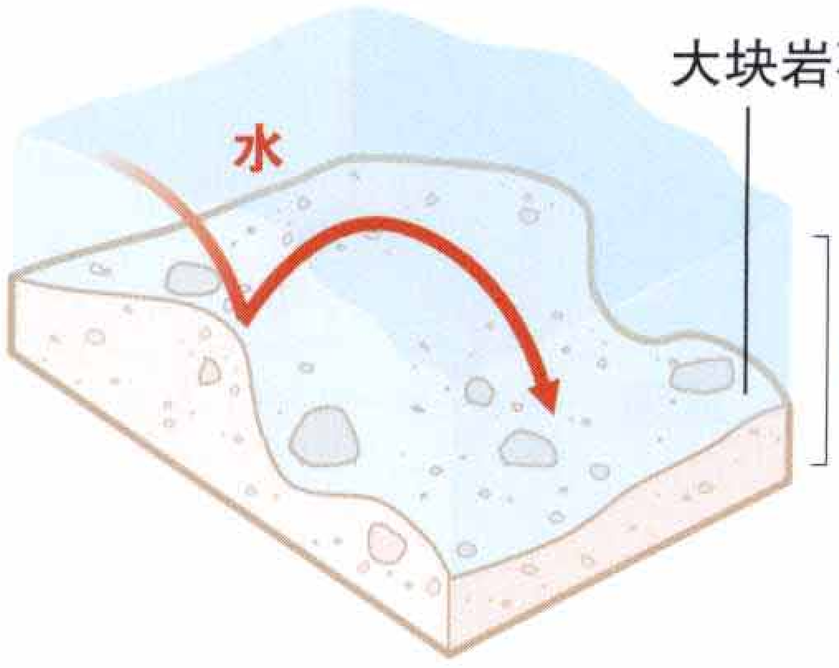
冰川

积累而成的沉积物。

沉积物的搬运

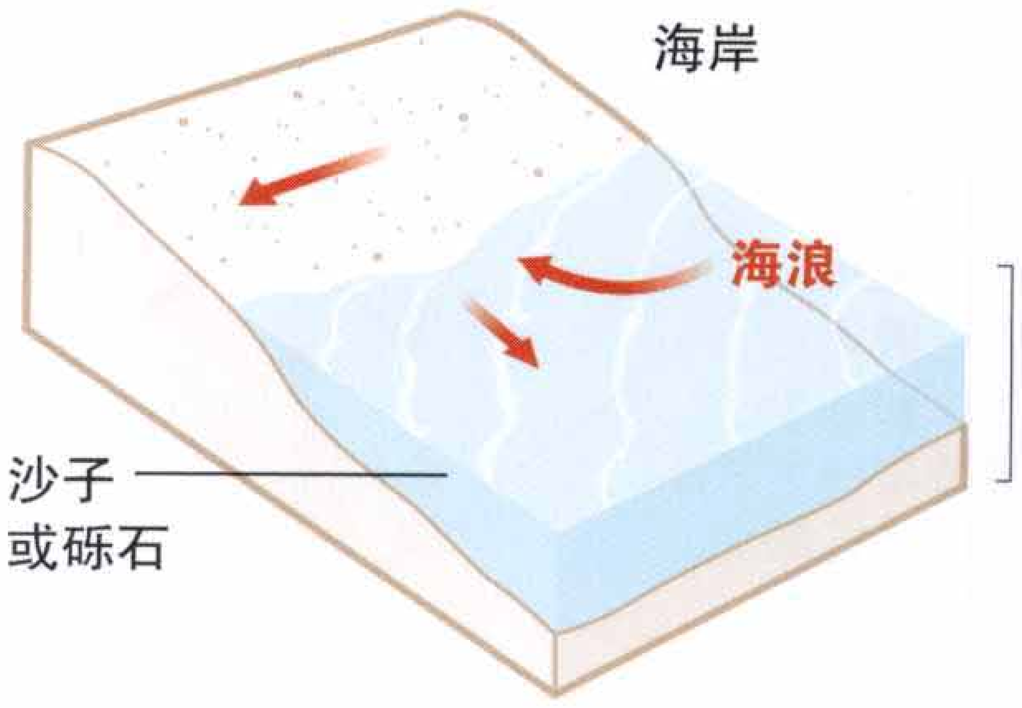
河流的长途搬运

河流能将沉淀物搬运到很远的地方。河流发源于海拔较高的地区，流经较低的地区，然后流入大海。水流逐渐加速时，就能运送大块的岩石；而能量较低时，水流就只能运送小块的岩石。



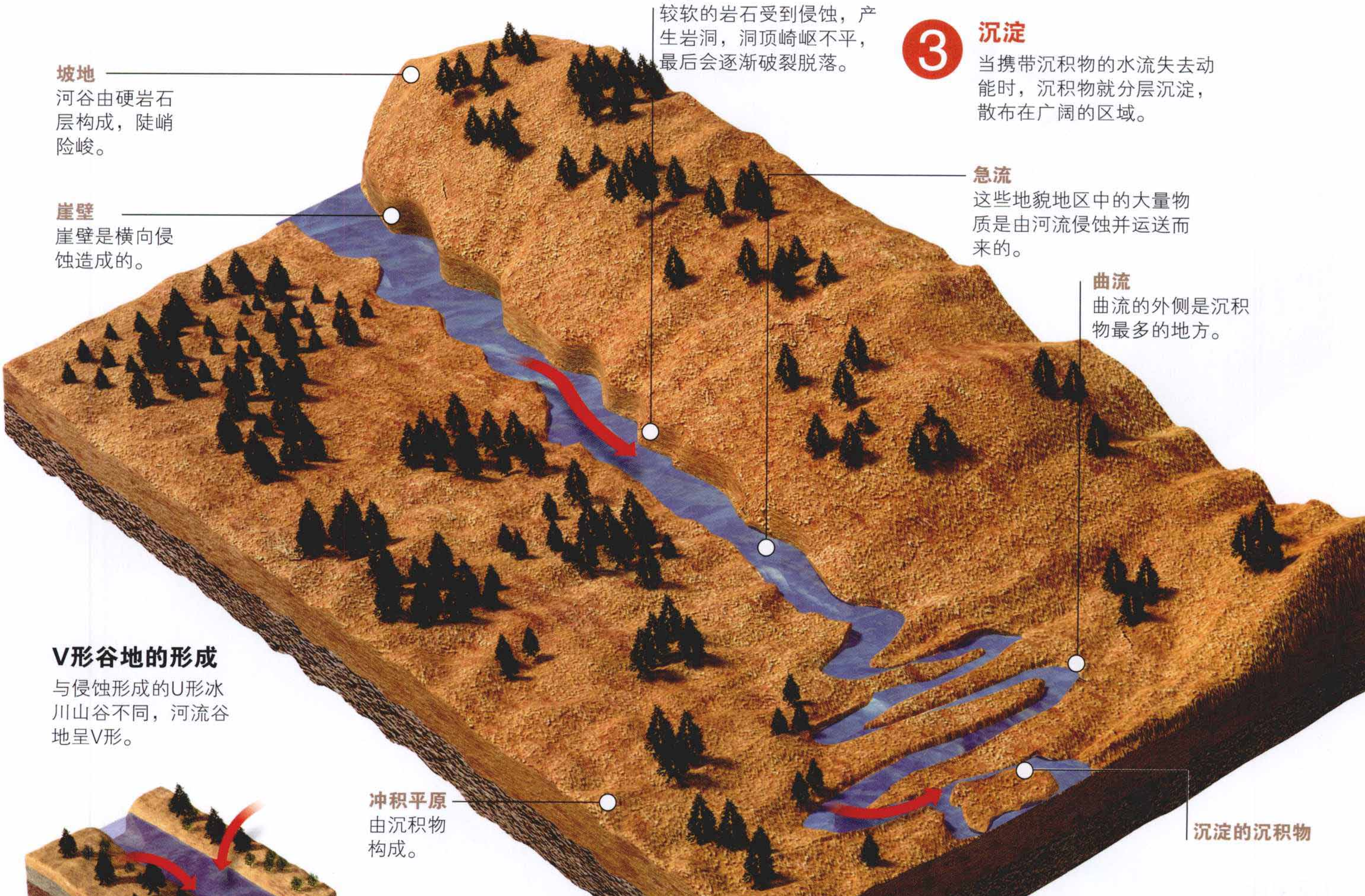
海岸地区沉积

每次浪潮过后，回头浪退下海滩，海浪在近岸的流动过程中带来的沙子不断积聚。沙子也会由河流运送而来，河流将沉淀物沉积在河流入海口的三角洲。



3 沉淀

当携带沉积物的水流失去动能时，沉积物就分层沉淀，散布在广阔的区域。



坡地
河谷由硬岩石层构成，陡峭险峻。

崖壁
崖壁是横向侵蚀造成的。

瀑布
较软的岩石受到侵蚀，产生岩洞，洞顶崎岖不平，最后会逐渐破裂脱落。

急流
这些地貌地区中的大量物质是由河流侵蚀并运送而来的。

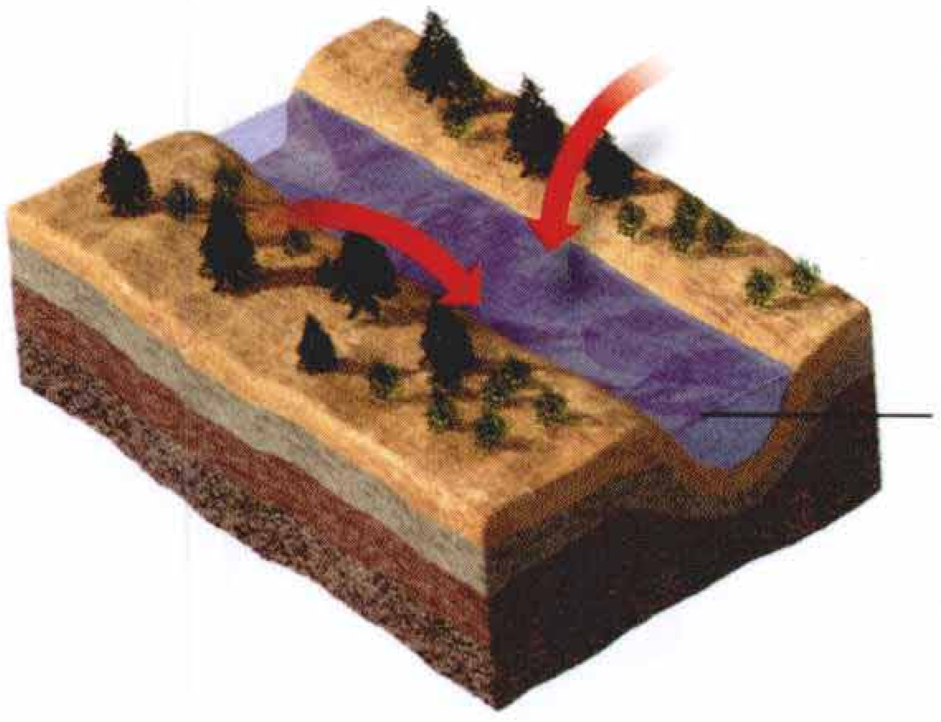
曲流
曲流的外侧是沉积物最多的地方。

冲积平原
由沉积物构成。

沉淀的沉积物

V形谷地的形成

与侵蚀形成的U形冰川山谷不同，河流谷地呈V形。



河流
接近河流源头的地方，水流非常急，并不断侵蚀、侵入河床，形成V形谷地。

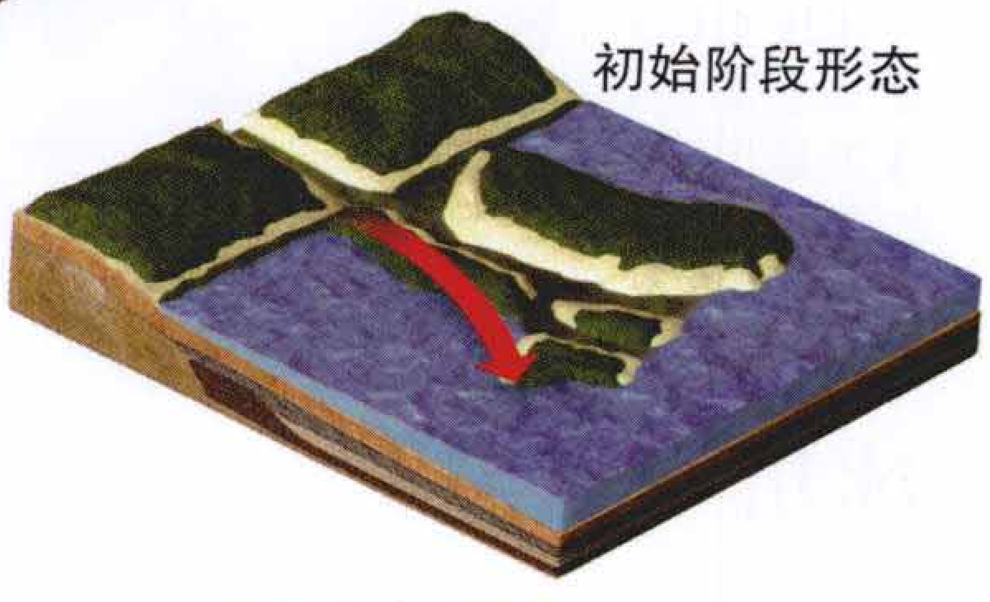
河流

河流的源头靠近高海拔区域。河流从高海拔地区离开时，携带了巨大的力量和能量，水流能够运送大块的岩石。在低海拔地区，河流在沉淀物上方舒缓地流动，形成曲流，并产生横向侵蚀。到达海岸时，河流携带的沉淀物沉积，形成入海口或三角洲。

三角洲的形成

沉淀物在河流的入海口沉积，产生三角洲。三角洲由一些沙洲组成，河流通过沙洲向各个方向流动。

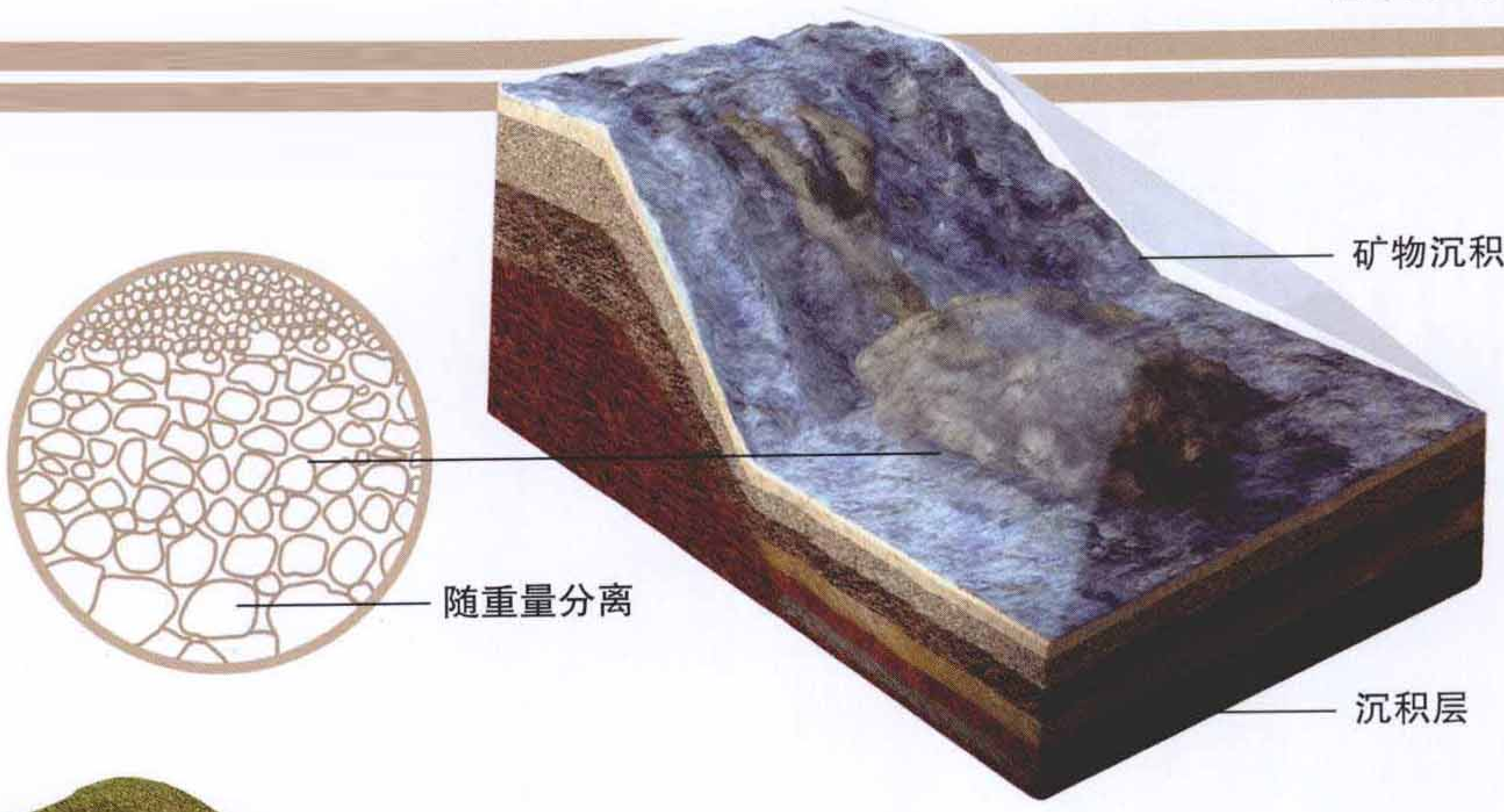
初始阶段形态



最终阶段形态

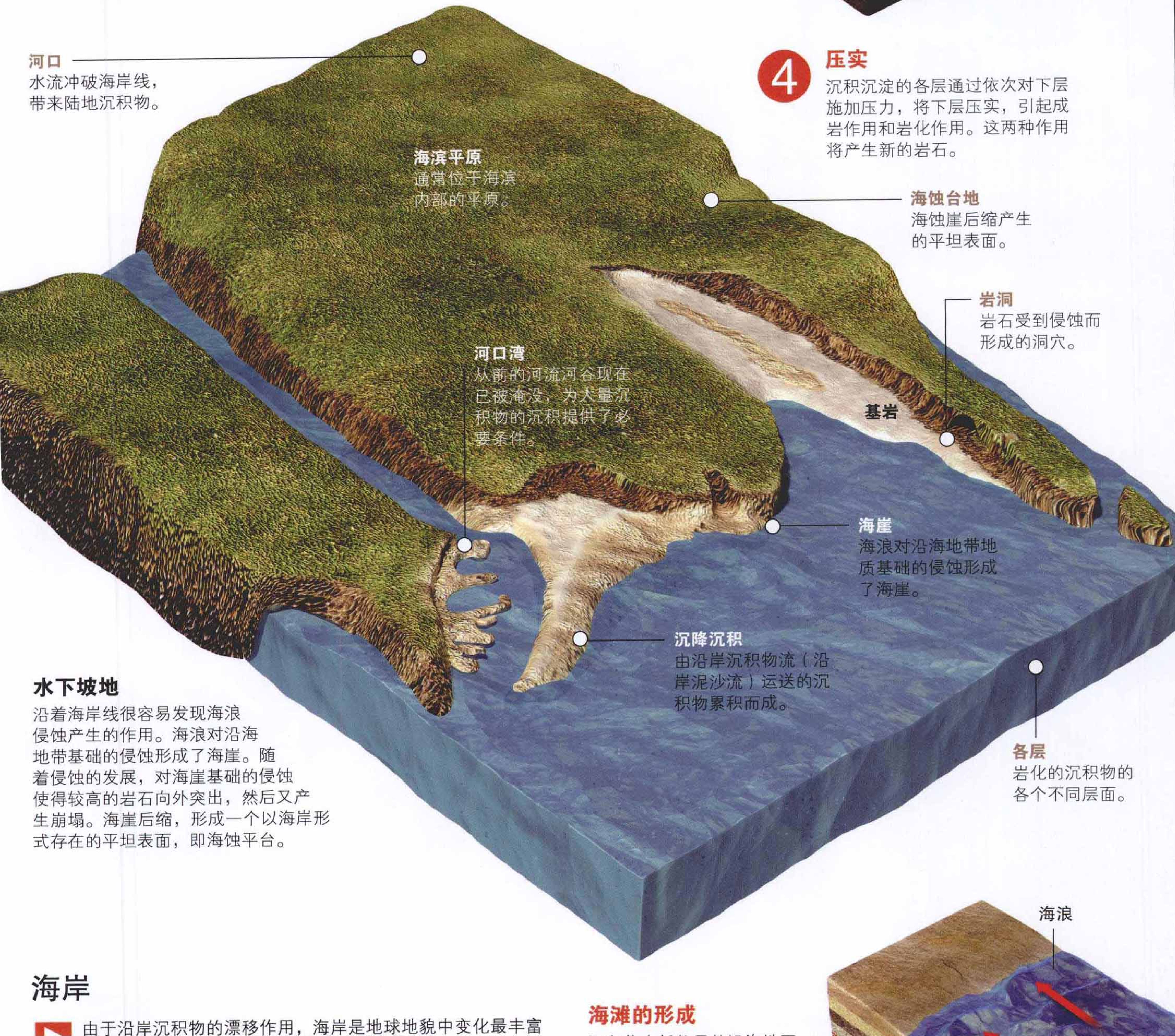
胶结过程

这是沉积物转化成岩石的过程中最重要的一个环节。当各种颗粒与水流中沉淀的原料相结合时，就会发生胶结作用。溶解在水中的各种不同矿物质相固结，就形成了沉积岩。当水蒸发或冷却时，各种溶解的矿物质就会沉淀，并与其他沉淀物一起积聚沉积，或者独自形成岩石。各种盐类和沙岩就是常见的胶结成的岩石。



4 压实

沉积沉淀的各层通过依次对下层施加压力，将下层压实，引起成岩作用和岩化作用。这两种作用将产生新的岩石。



水下坡地

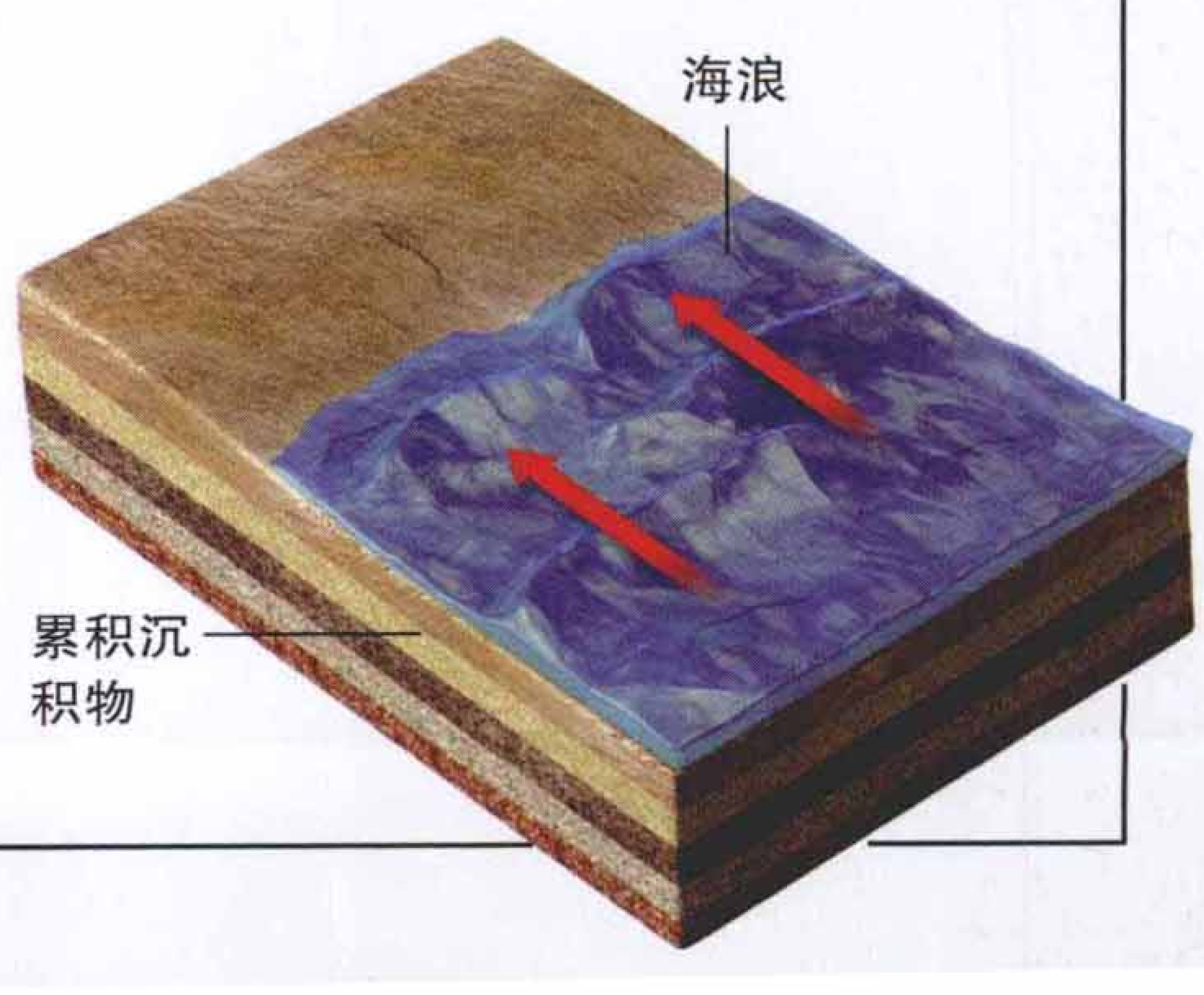
沿着海岸线很容易发现海浪侵蚀产生的作用。海浪对沿海地带基础的侵蚀形成了海崖。随着侵蚀的发展，对海崖基础的侵蚀使得较高的岩石向外突出，然后又产生崩塌。海崖后缩，形成一个以海岸形式存在的平坦表面，即海蚀平台。

海岸

由于沿岸沉积物的漂移作用，海岸是地球地貌中变化最丰富的地形。风、雨和海浪等各种因素共同作用形成了海岸线，并对其进行侵蚀和塑造。海浪带来沉积物，形成海滩，同时又在冲击海岸，形成海崖或岩洞。残留的沉积物与从河流及河流三角洲带来的沉积物一起成为构建另一片海滩的原始物质。

海滩的形成

沉积物在低能量的沿海地区逐渐沉积形成海滩。海滩可以由细小的沉积物形成，如淤泥或沙子；也可以由较大的沉积物形成，如砾石。



黑暗幽深

溶洞是一个中空的空间，主要是通过水对可溶性材料（通常为白垩材料）产生化学反应而形成的。洞穴内有三种结构：钟乳石（圆锥形结构，悬挂在洞顶）、石笋（从洞底向上伸出的结构）和石柱（钟乳石和石笋连接起来形成的结构）。溶洞形成的周期称为喀斯特（岩溶）循环，该周期持续约100万年。此期间，幼年、活跃型喀斯特溶洞拥有喧闹的水流和小瀑布，而老年溶洞则是寂静的奇观，布满石笋、钟乳石和石柱。

喀斯特循环

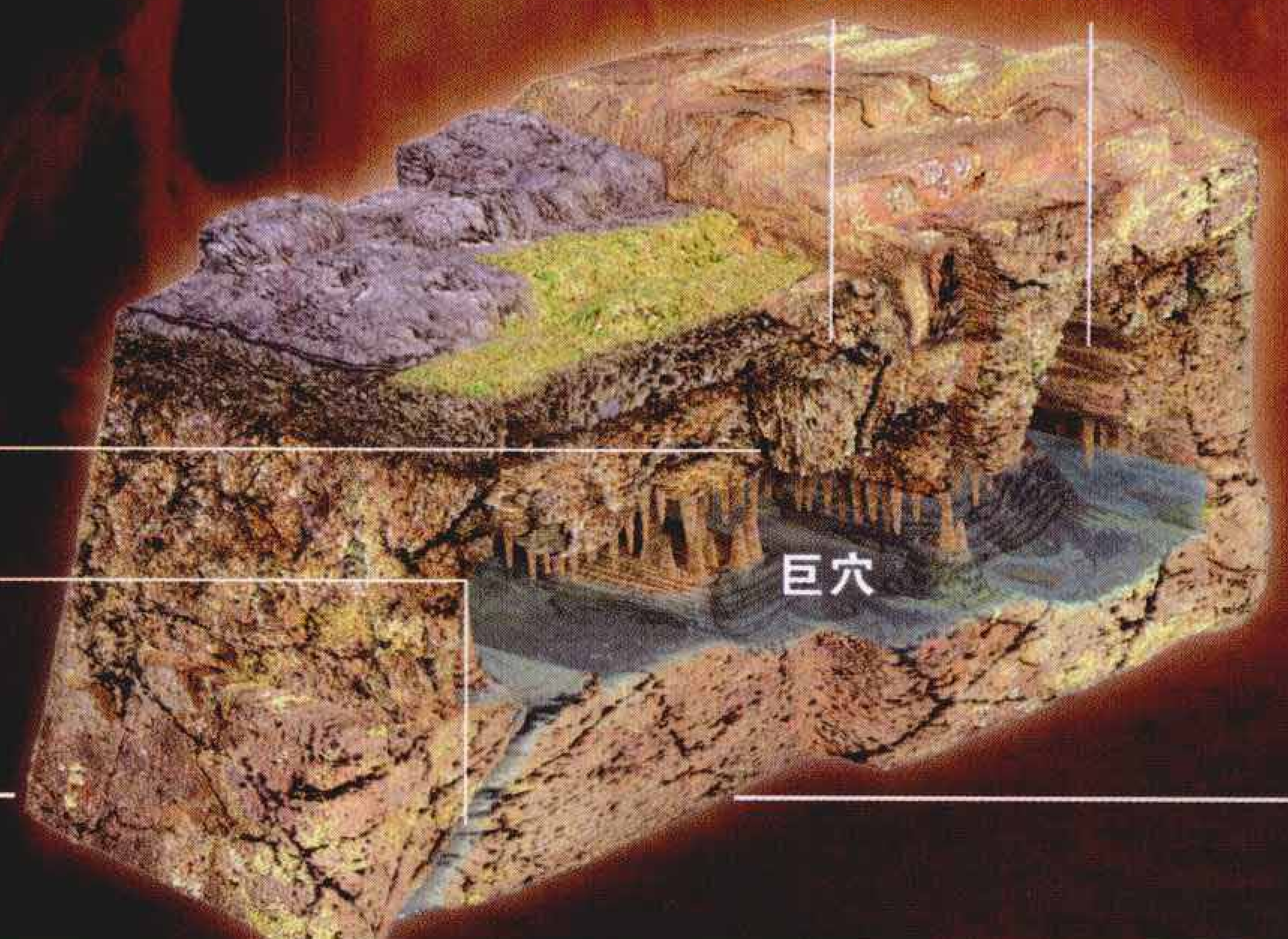
通过碳酸的侵蚀作用，水溶解了含钙量高的岩石，形成了各种暗渠和地下通道网络。起初的裂缝不但会通过这个化学过程慢慢扩大，而且还会通过卵石与其他不溶解物的摩擦产生的机械作用变大。水滴渗入下层，从分层排列的敞口滴出，通过与不同层次相连的竖坑和通道散布开来。

1 洞穴层次的结构

地面原始结构由透水的石灰岩组成。石灰石有裂纹，河水或雨水通过这些裂纹渗入，侵蚀过程也由此产生。

2 初始洞穴

水沿着地形轮廓形成地下河。首层方解石或碳酸钙沉积层开始形成钟乳石。



3 延伸的洞穴系统

几个隧洞连接到一起时，就形成了延伸的洞穴系统。有时候土壤表面开始下沉，这会形成落水洞。如果岩洞的延伸低于地下水位，就形成了隧洞。

石柱

钟乳石和石笋持续生长并连接到一起时就形成了石柱。

世界上最高的石柱高度为

39米。

石笋

由含有溶解的碳酸盐的水滴滴落形成石笋。

世界上最高的石笋的高度为

30米。

钟乳石的形成

石灰石是一种几乎仅由碳酸钙构成的岩石，在天然的酸性水中能够溶解。雨水吸收空气中的二氧化碳和地面的微生物，呈现弱酸性。当通过石灰岩裂缝渗滤时，随着时间的流逝，这种水会溶解石灰岩。如果这种水滴入洞穴，就会将二氧化碳释放到空气中，把过量的钙沉积到钟乳石和石笋中，从而保持化学平衡。钟乳石是化学沉积岩的典型代表。

碳酸盐降水的理想温度为

18°C。

1 水滴

每块钟乳石都起源于一颗小小的含有溶解的盐分的水滴

2 方解石

当水滴落下时，后面留下一条窄窄的方解石痕迹。

3 更多的层次

滴落的每个连续水滴都沉积在另一个细密的方解石岩层之上。

4 内部隧洞

各层之间形成一条窄窄的管道（0.5毫米），水通过这条管道慢慢渗出。

5 钟乳石

如果很多水滴都通过这条管道沉积，就形成了钟乳石。

钟乳石

在具有含碳量丰富的液体的天然洞穴环境下，钟乳石的形成会非常快。但是它也可以在天花板或水泥地面上形成。

世界上最大的钟乳石的高度为

7米。

刚果岩洞

南非

纬度：南纬33°
经度：东经18°

长度：	5.3千米
深度：	60米
位置：	开普敦东部

其他形成

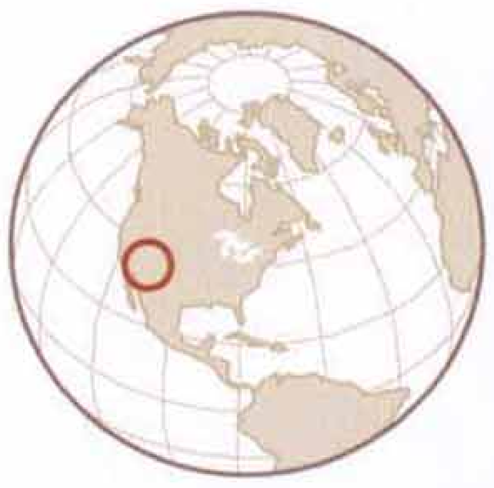
一条流动的地下河流可能形成两种景观：峡谷和隧洞。高于地下水位的地下河和瀑布通过对石灰石的侵蚀和溶解，并通过沉淀物磨蚀岩石层，形成高低起伏的深峡谷。在地下水位以下的洞穴中充满了缓慢流动的水，溶解碳酸盐的岩壁、地面和洞顶，形成了隧洞。

刚果岩洞

刚果岩洞独自座落在奥茨胡恩高地上，处于前寒武纪形成的狭窄的石灰岩地带，因该地大量的方解石沉积而著称于世。刚果岩洞是由地下水位以下的更大的水道干涸遗留而产生的。当邻近的地表谷地被磨蚀得更低时，这条河道干涸了，并因此形成了石笋奇观。

岩石物语

随着时间的流逝，沉积物依次沉积形成了岩石层。有时候，这些沉积物中埋藏了生物的遗体，随后又变成了化石，这些化石能够提供关于地球环境和史前生命的重要信息。通过对各级岩层及其所含化石进行的各种综合分析，可以检测出岩石的地质年龄以及岩石所经历的演化过程。



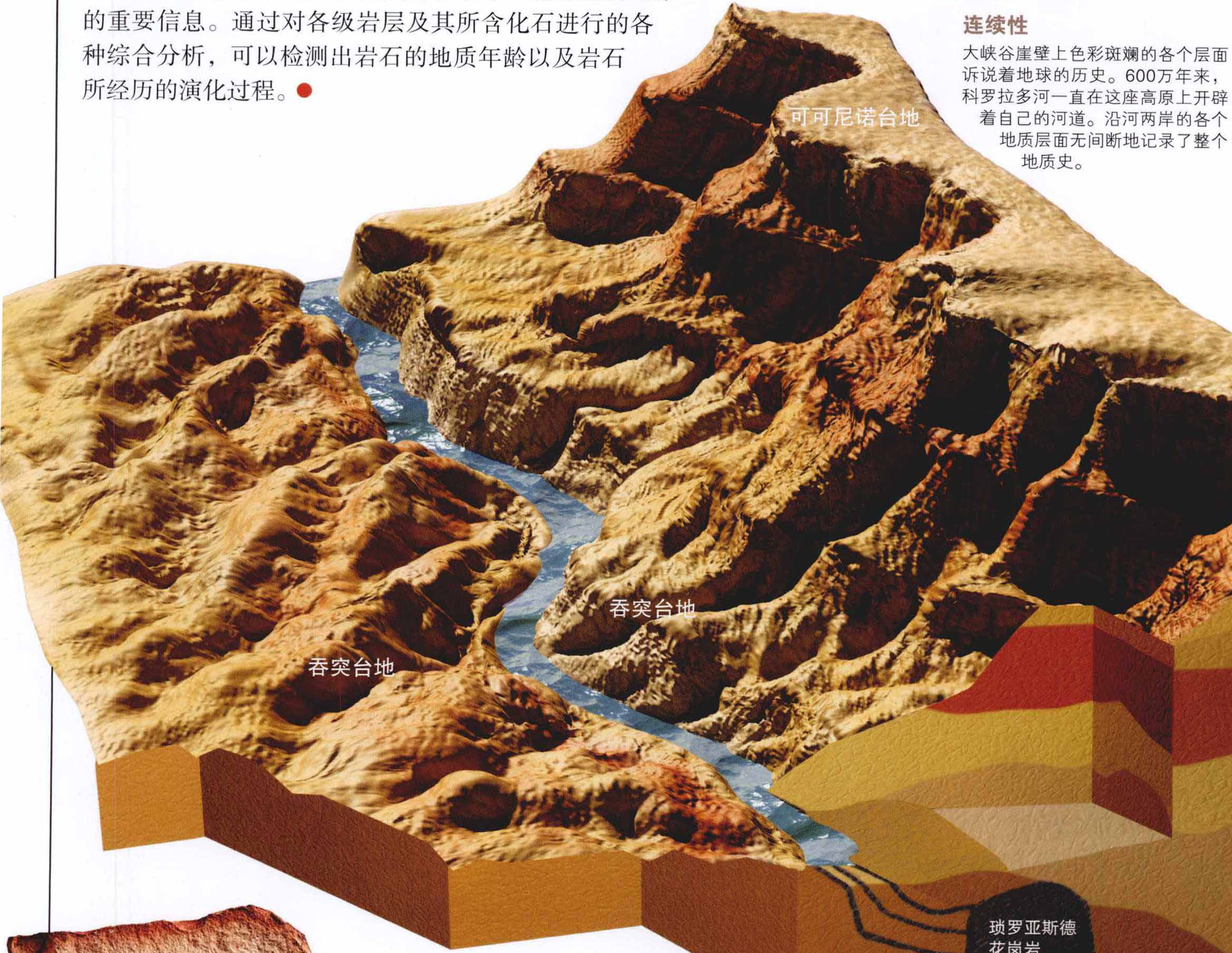
科罗拉多河

美国亚利桑那州

纬度：北纬 36°
经度：西经 112°

连续性

大峡谷崖壁上色彩斑斓的各个层面诉说着地球的历史。600万年来，科罗拉多河一直在这座高原上开辟着自己的河道。沿河两岸的各个地质层面无间断地记录了整个地质史。



三叶虫

三叶虫是一种已灭绝的节肢动物，是一种独居的海洋生物，身体分节，有含蛋白质的甲壳质外骨骼和数对节肢。三叶虫化石和笔石动物化石都是古生代海洋沉积物的最典型的化石。

演替的原则

化石以一种明确的顺序演替，这使得确定过往事件的时间成为可能。不同大陆上存在的相同化石有助于建立相互联系，也可以确定这些广泛分布着相同化石的地区处于同一地质年代。

化石的年龄

化石是过去曾存在过的生物的遗体。现在，科学家采用多种方法来估算其年龄，包括使用碳14测定法。使用碳14测定法能够精确测定早在6万年前的有机残余物的年龄。如果有机物存在的时间更早，还有其他方法进行精确测定。在一个已知的地区内，对于位于确定的沉积层的化石，科学家能够有效地确定其相对的时间范围。按照初始水平状态和演替的原则，就可以确定生物存在的时间。

1. 动物死亡时，可能会沉到河床上，从而避免了被氧化。尸体开始分解。

2. 骨骼完全被沉淀物所覆盖。随着时间推移，新的沉淀物覆盖在较早的那层沉淀物之上。

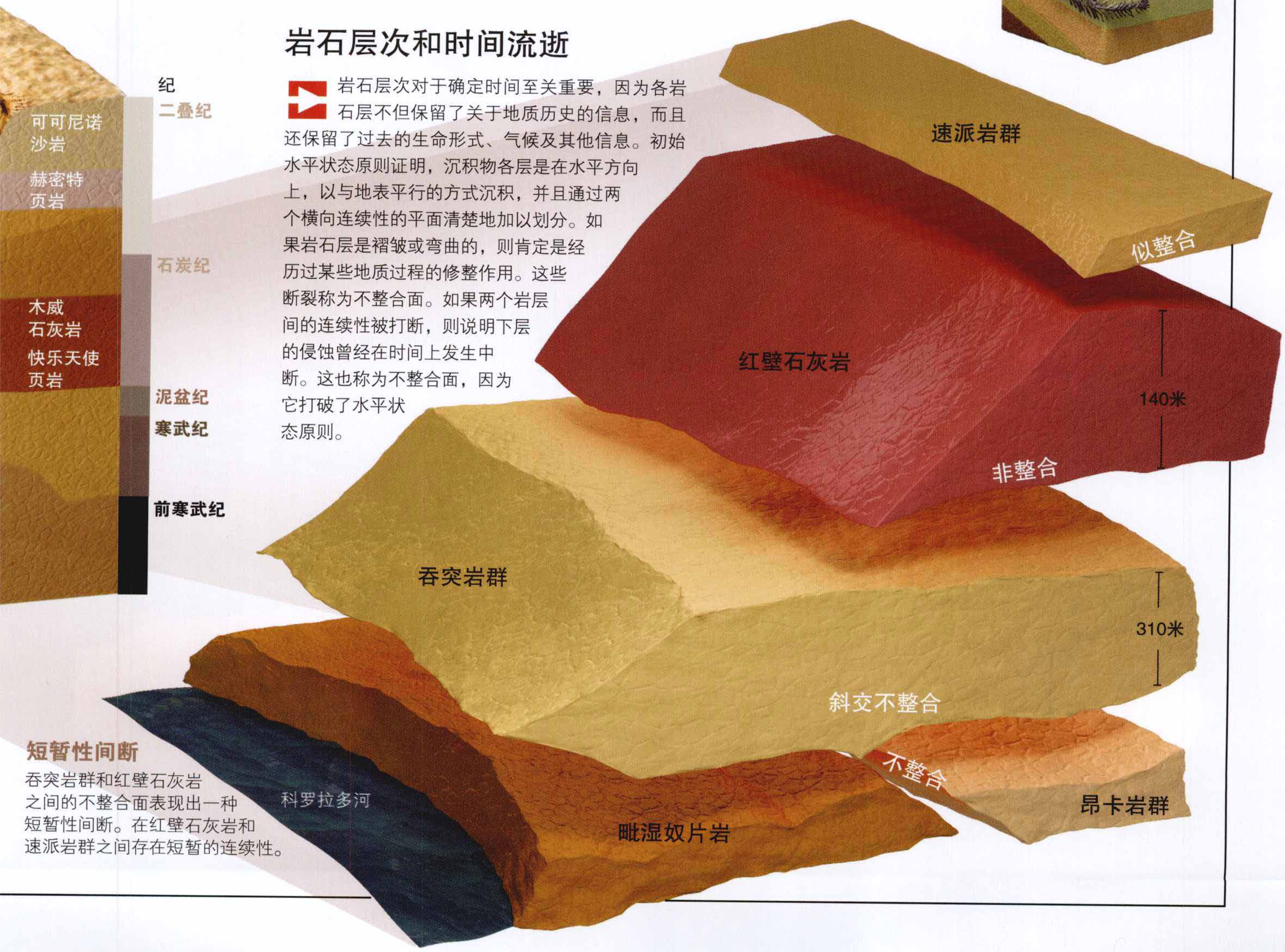
在化石作用过程中，初始组织的分子被使其产生石化作用的矿物精准地替代了。

3. 等到河流消失时，化石已经形成并结晶。地壳运动抬高了地层，将化石带到地表。

4. 侵蚀作用让化石完全显露出来。科学家使用碳14测定法，可以确定化石的年龄是否小于60 000年。

岩石层次和时间流逝

岩石层次对于确定时间至关重要，因为各岩石层不但保留了关于地质历史的信息，而且还保留了过去的生命形式、气候及其他信息。初始水平状态原则证明，沉积物各层是在水平方向上，以与地表平行的方式沉积，并且通过两个横向连续性的平面清楚地加以划分。如果岩石层是褶皱或弯曲的，则肯定是经历过某些地质过程的修整作用。这些断裂称为不整合面。如果两个岩层间的连续性被打断，则说明下层的侵蚀曾经在时间上发生中断。这也称为不整合面，因为它打破了水平状态原则。



短暂性间断

吞突岩群和红壁石灰岩之间的不整合面表现出一种短暂性间断。在红壁石灰岩和速派岩群之间存在短暂的连续性。

变质过程

当岩石处于某些条件下（高温、高压或接触到含有溶解性化学物品的液体）时，其矿物成分和结构就会发生显著的变化。这种缓慢的过程称为变质作用，是一种真正意义的岩石变化。这种现象往往出现在地壳内部和地表。变质的类型取决于触发变化的能量的性质，这种能量可能是热量或压力。●

苏格兰，英国

纬度：北纬57°
经度：西经04°

4亿年前的加里东造山运动中，苏格兰的地势被抬高。造山运动的压力形成了图片中所示的片麻岩。

动力变质作用

动力变质作用是最少见的变质类型，只有当沿断层系统的大规模地壳运动引起岩石压缩时，才会发生动力变质作用。巨大的岩块冲向其他岩块，当岩块遇到新的变质岩时，就形成了碎裂岩和糜棱岩。

板岩
在高温高压环境下，板岩会变成千枚岩（硬绿泥石）。

300℃

板岩

在200℃左右时由于压力作用形成的低品质变质岩，此时变得更加紧凑致密。

500℃

片岩

在中间温度和10千米以下的深度发生的变质作用形成的层状分明的岩石。各种矿物能够再次结晶。

650℃

片麻岩

片麻岩是由地表20千米以下发生的深度变质作用造成的，它受到非常强大的地质构造力和接近岩石熔点的温度影响。

800℃

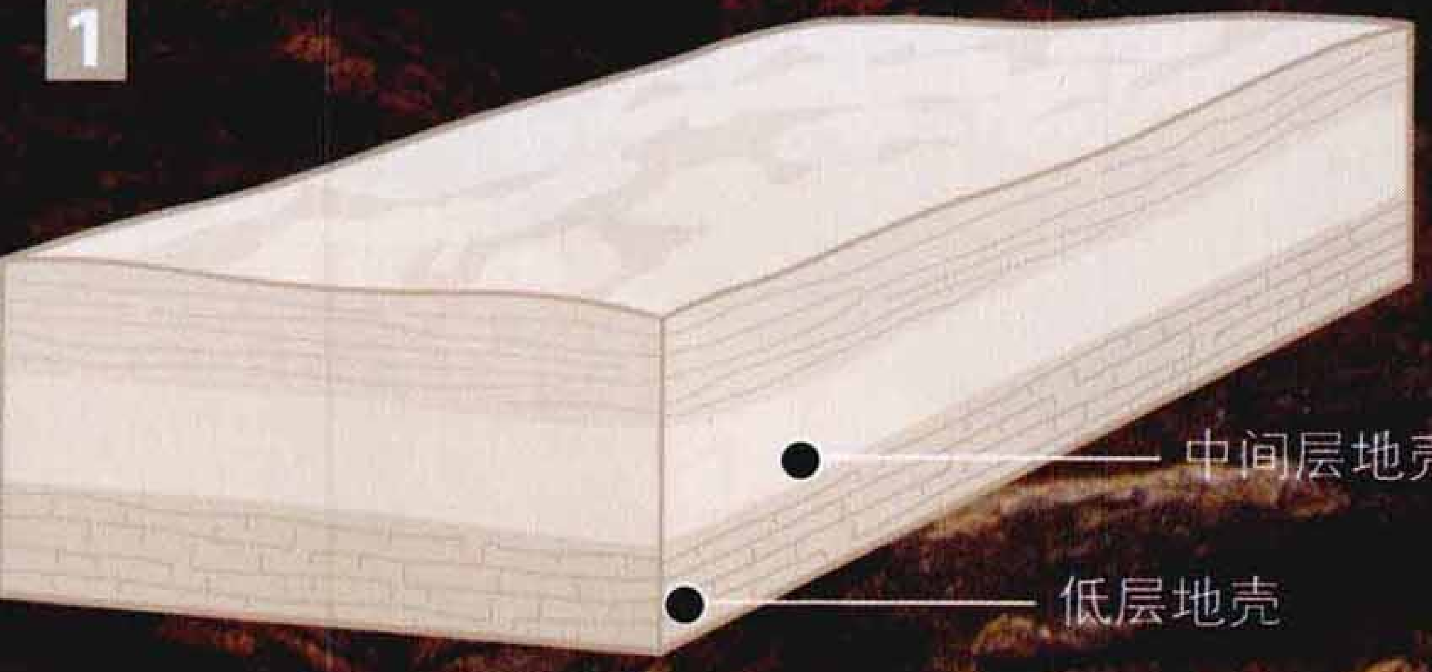
熔化

在此温度下，大部分岩石开始熔化，直至成为液体。

区域变质作用

随着山脉的形成，大量岩石变形和变质。接近地表的岩石下沉到更深的地下，受到高温高压的变质作用。这种变质作用会绵延数千平方千米，根据岩石所受压力和温度可以对其作出分类。板岩是受此过程影响而形成的岩石之一。

1



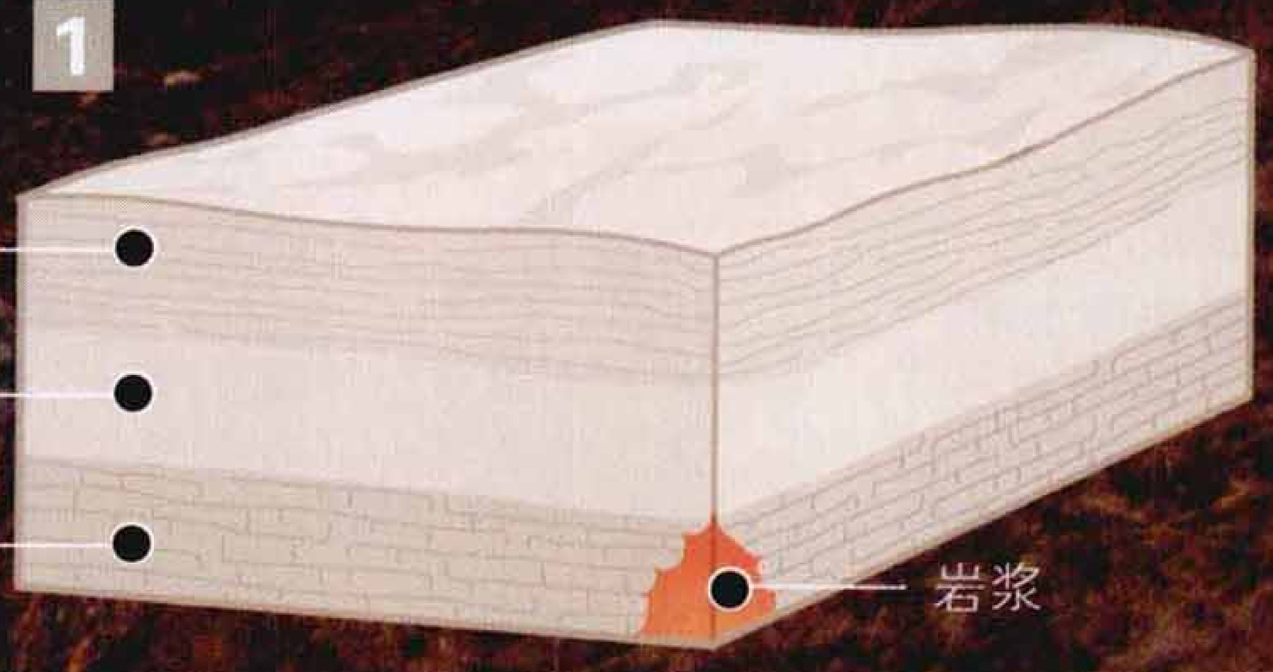
压力

随着岩石所受压力的升高，其矿物结构进行重构，岩石的体积减小。

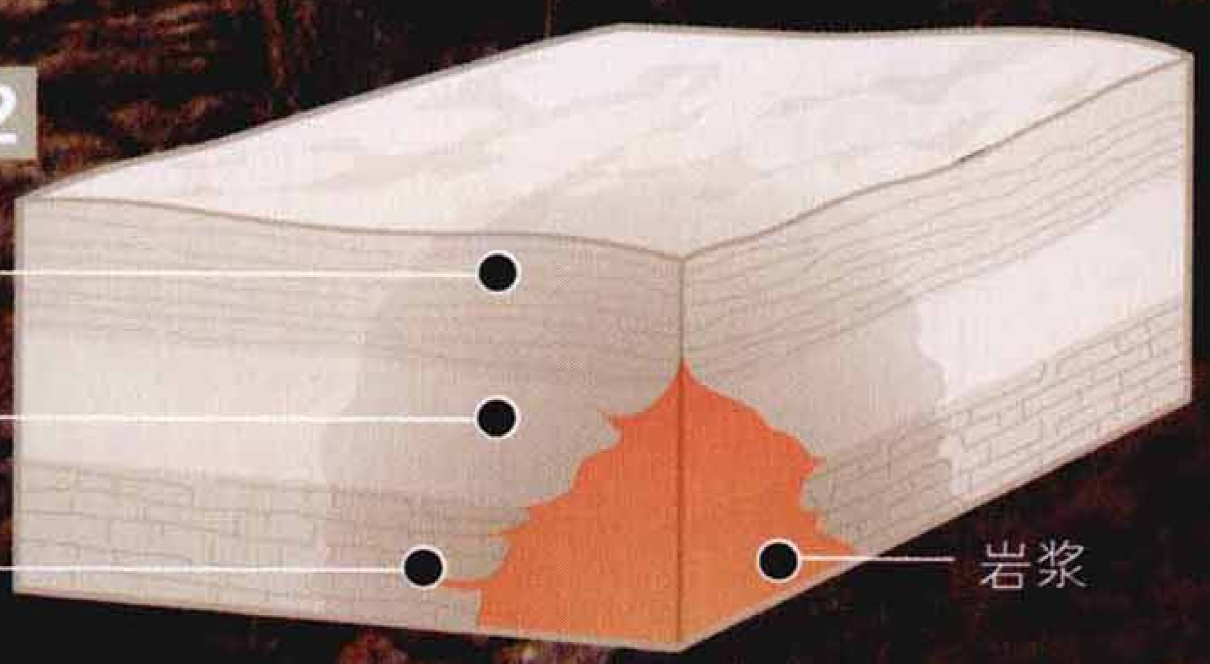
接触变质作用

岩浆岩能够传递热量，因此，岩浆能够通过接触来加热岩石。受影响地区位于火成侵入岩浆或熔岩流的周围，称为接触变质带。其范围取决于侵入岩浆和岩浆的温度。周围岩石中的矿物转变为其他类型的矿物，岩石发生变质。

1



2



温度

岩石距热源越近，温度越高，发生变质的程度就越高。

生命的基础

各种有机物在土壤的天然层上出生、生长、繁殖和死亡。我们从这个天然层上收获庄稼、饲养家畜，获得建筑材料，使这个星球的生命和矿物之间建立了联系。通过气候和生物中介的作用，岩石分解并形成了土壤。

300年

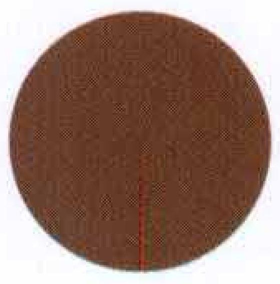
天然形成拥有三个基本层（即土层）的土壤，需要300年。

土壤的类型

我们发现，土壤中的基岩原料一直被空气、水、生物和分解的有机物所改变。土壤经历了许多物理和化学变质过程，形成各种不同类型的土壤，如一些腐殖质含量较高，一些黏土含量较高等。土壤的基本结构很大程度上取决于形成该土壤的基岩的类型。

薄层土

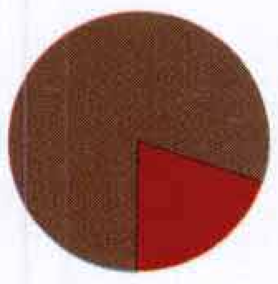
在轻微变化的基岩的顶部发育形成，主要出现在高山上，尤其是由高山上的花岗岩和其他酸性岩石形成。



占世界陆地表面的 0. 2%

永久冻结带

极地附近的地区。
土壤的冰冻水含量达到饱和状态，在融化地区形成巨大的水坑。其独特的环境使许多动物无法在那里生存。



占世界陆地表面的 20%

荒漠土

贫瘠土壤
几乎不含腐殖质，直接裸露在矿床和岩石碎片之上。

占世界陆地表面的 14%

红土带

典型的热带土壤
此类地区雨量充沛、湿度大，土壤水分丰富。雨水为土壤留下了铝、铁、锰、镍及其他矿物的氧化物和氢氧化物的混合物。世界铁矿储量的70%都在红土带。

占世界陆地表面的 10%

它们是如何形成的

大部分地壳都被一层沉淀物和分解的有机物覆盖，这层物质称为土壤，除了非常陡峭的山坡之外，它无处不在。虽然土壤是由分解的动植物遗体产生的，但是土壤是一个有生命的、变化着的系统。即使是土壤中最细小的孔洞，也都充满着水和空气，这些孔洞中生存着成千上万的细菌、藻类和真菌。这些微生物加速了土壤的分解过程，将土壤变成植物根系、各种小动物和昆虫喜爱的栖息地。

1 冰河拖动沉积物前行。

2 裸岩和砾石留在原处。

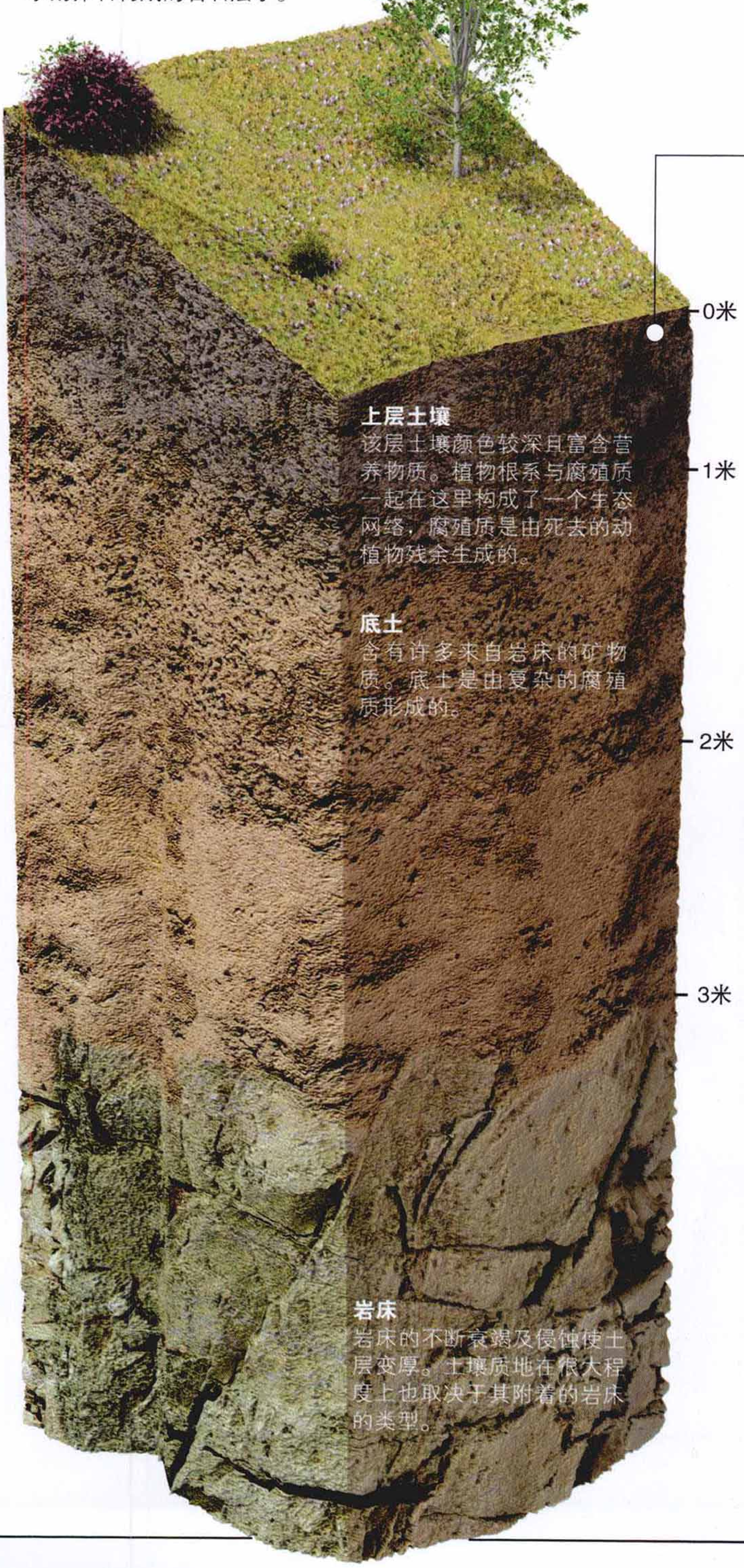
3 苔藓和小灌木生长。

4 小树木努力扎根。

5 死亡的动植物使土壤肥沃。

不同的特征

通过对土壤剖面的观察，可以区分不同的土层。各个土层具有不同的特性和性质，因此对不同土层进行区分以便研究及描述土层有着十分重要的意义。土壤表层富含丰富的有机物质。表层下是底土，在这里营养物得以沉淀积累，有些植物的根茎可以生长到这里。再下面就是由岩石和小鹅卵石构成的岩石层了。



生活在土壤中的生物

土壤中生活着很多细菌和真菌，这些物种的生物总量超出了生活在地表的动物总量。藻类植物（主要是硅藻类植物）的生长地也紧邻阳光充足的地层表面，那里还有螨虫、跳虫、胭脂虫、昆虫幼虫、蚯蚓及其他种类的动植物。蚯蚓在地下挖掘地道，这些通道能够促进植物根系的生长，它们的粪便含有重要的营养素，并能够帮助土壤保持水分。

蚯蚓
要生产1 350千克的腐殖质，需要近6 000条蚯蚓的辛勤劳动。

腐殖质
由有机物质构成，通常存在于上层土壤中。主要由微生物通过对掉落的枝叶或动物的粪便发生作用而生成。由于碳含量较高，高度肥沃的土层的颜色看起来比较深。

岩石循环

有些岩石经过岩石周期循环最终形成了土壤。在侵蚀力的作用下，地壳中的岩石形成各具特色的形状。这些形状成因一部分是由于岩石自身成分特性，另一部分是由侵蚀力中介（气候方面或生物方面）的几种效应所造成的。

神圣崇拜

有些岩石在数百万年前就形成了，它们被人类赋予了神性。异教徒、基督徒、穆斯林和澳大利亚原住民都将其信仰部分依附于关于岩石的神话和传说。最著名的岩石有：乌卢鲁巨石（也称艾尔斯岩），安放在立方形神圣建筑物克尔白内的麦加黑石，以及伊克斯坦地区的岩石，伊克斯坦是基督教朝圣者的目的地，也是许多其他古代宗教的圣地。神学和地质学中都叙述和探究了这些岩石的起源。它们并没有随时光流逝而消亡，而是被转化成神话，流传至今。●

澳大利亚乌卢鲁卡塔茱达国家公园

纬度： 南纬25°
经度： 东经131°

体积庞大、呈微红色的乌卢鲁岩石是在4亿年前发生的艾丽斯斯普林斯造山运动中形成的。构成古老冲积扇的沙石和砾岩发生严重褶皱、断裂，在其尾端形成水平层叠。

30米

伊克斯坦岩组高30米，由5根石灰石岩柱组成，其上的岩洞、沟渠和秘密洞穴充满了神秘色彩。

伊克斯坦

伊克斯坦位于德国莱茵河北部的条顿堡林山，由扭曲怪异的石灰岩组成，这里是英雄神话和德国传说的摇篮。伊克斯坦与斯堪的纳维亚诗集《埃达》也有关联，还与纳粹时期的雅利安神话有关。这些神话普遍认为，这些岩石是巨人们在夜里堆放在那里的。然后，岩石又被魔鬼焚烧，所以变得奇形怪状。

信仰

对澳大利亚原住民来说，岩石上的每道裂缝、每个隆起或每条沟槽都具有不同的意义。例如，岩石上的孔洞代表着死去敌人的双眼。

乌卢鲁

千百年来，乌卢鲁巨石一直是澳大利亚原住民的圣地。乌卢鲁巨石周长9.5千米，高340米，矗立在澳大利亚的沙漠之上。1872年，高加索人发现了乌卢鲁巨石，为纪念澳大利亚著名总理亨利·艾尔斯，将其重新命名为艾尔斯岩。在这块巨大的沙石上，澳大利亚原住民所想象的数十条穿越路径与他们的祖先曾经走过的路径，通过种种传说汇聚到一起。通过这种方式，所有的神圣之地都联系到了一起。岩石上面绘有各种图形，包括昆尼亚妇女和头部受伤的勇士利卢等的形象。

岩洞壁画

乌卢鲁拥有澳大利亚原住民祖先历史的一些最典型特征。岩基周围的一些洞穴中有原住民的壁画，描绘了神话中梦幻时代的道路和边界。人们认为，洞内的许多雕刻都有神圣的起源。

穆斯林传统

只要能够负担得起，穆斯林在其一生中至少要去麦加朝圣一次。

克尔白的黑石

黑石位于克尔白神殿的一角，是伊斯兰世界最神圣的珍宝。克尔白是位于麦加的一座立方体型建筑物，穆斯林们每天面朝克尔白祈祷五次。岩石裸露在外的表面为16厘米×20厘米，由一个镶着银边的框将几块岩石聚拢在一起。穆斯林们将岩石的起源与亚当联系到一起，认为是亚伯拉罕和他的儿子以赛玛利建造了克尔白。公元7世纪时，先知穆罕默德将麦加变成了伊斯兰教的圣地。

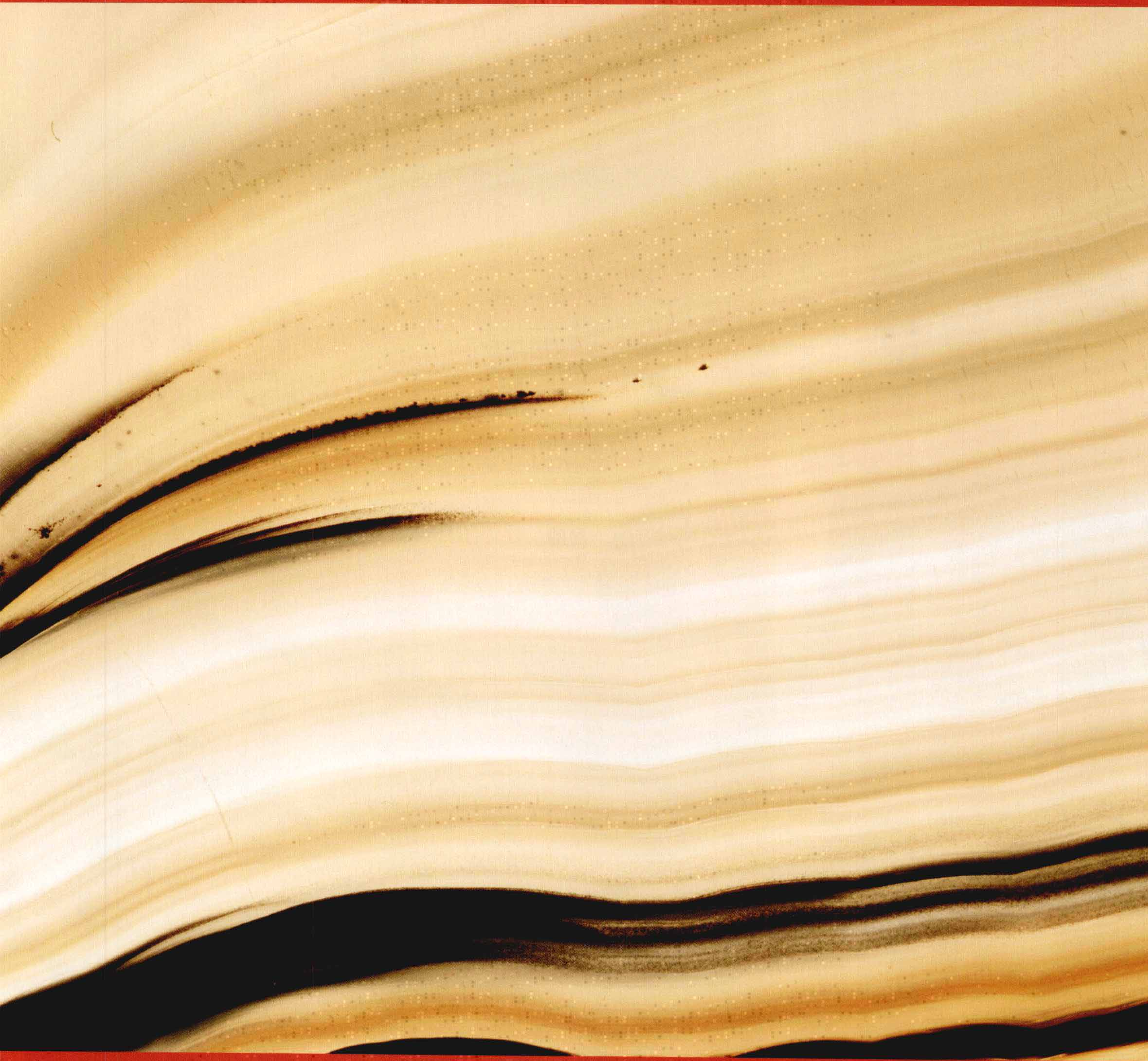
岩石的种类

根据光泽度、密度、硬度及其他属性，可以对岩石的类型进行区分。晶球的外表看起来与普通岩石一样，但是一旦被切开，就会露出各种奇妙的色彩和形状。岩石也可以按照形成方式进行分类，即火成岩、变质岩和沉

美丽而奇异

晶洞的内部通常呈现美丽的构造，晶洞是一种充满晶体的岩石。

岩石的鉴别 62-63
火成岩 64-65
海洋沉积 66-67
采集碎屑岩 68-69
有机岩石 70-71
常见的变质岩 72-73
佩特拉废墟奇观 74-75



积岩。岩石的主要特征取决于其蕴含的矿物成分。还有一种有机岩，它们是由百万年前的生物体的残骸分解沉积形成的。煤炭、某些碳酸盐岩和硅质岩都属于有机岩。●

岩石的鉴别

根据形成方式，岩石可分为火成岩、变质岩或沉积岩，其具体特征则取决于构成岩石的矿物。根据岩石的构成成分，可以知道岩石的色泽、纹理和晶体结构是如何形成的。只要稍加学习和了解，我们就能够鉴别一些常见的岩石。

棱角分明

岩石没受到磨损时，呈这种形状。

形状

岩石的最终形状很大程度上取决于其对外力的抵抗程度。冷却过程和随后的侵蚀过程也会影响岩石的形成。尽管这些过程引起了岩石的变化，但依然可以从岩石的外形推断一些岩石的历史信息。

年龄

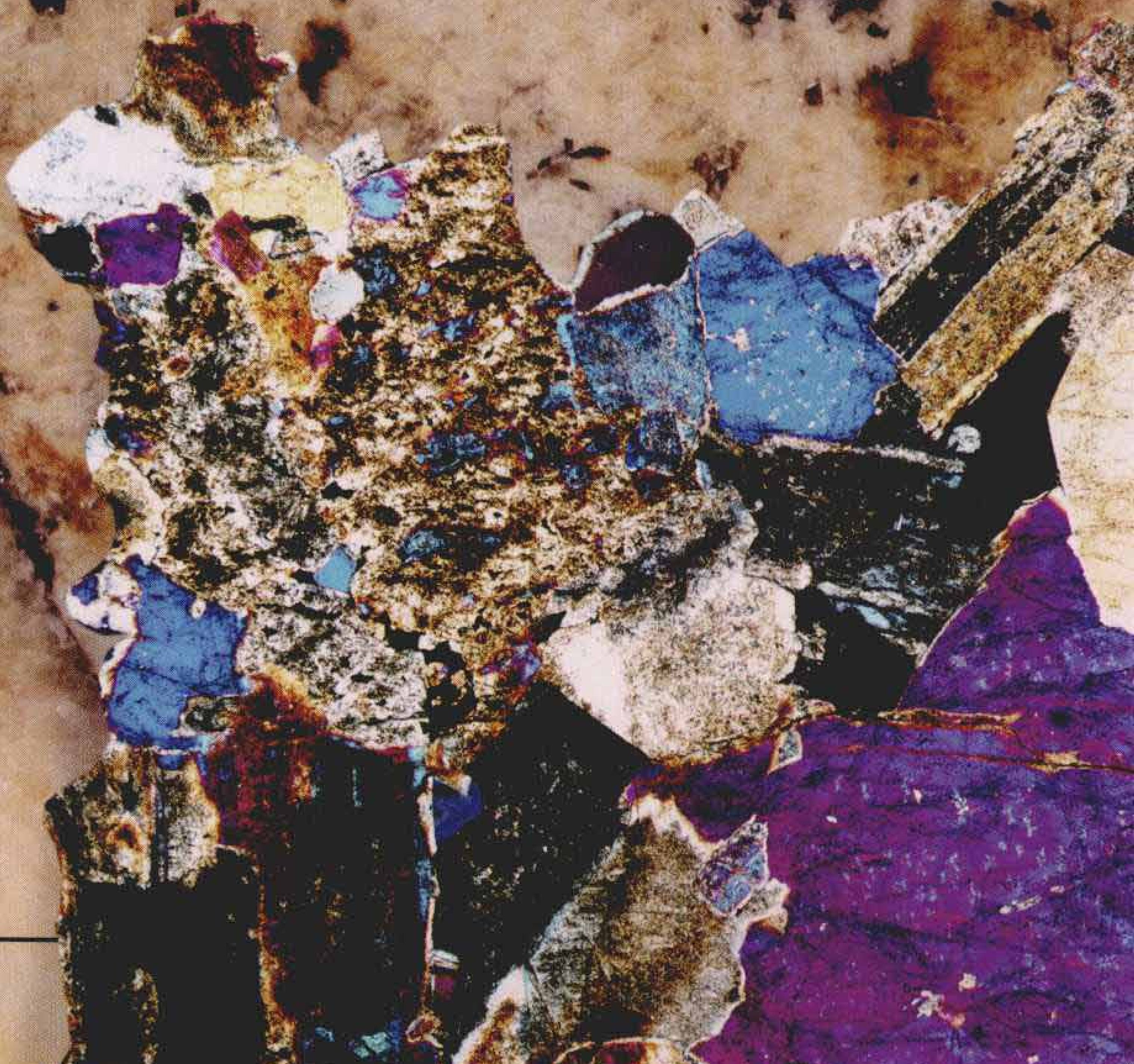
在地质学研究中，精确判定岩石的年龄非常重要。

磨圆

侵蚀和搬运过程中引起的磨损，让岩石具有圆滑的形状。

矿物成分

岩石是两种或两种以上矿物的天然混合物。不同矿物学成分的岩石，其性质也有所不同。例如，花岗岩含有石英、长石和云母，缺少其中任何一种元素，都会形成不同的岩石。



色泽

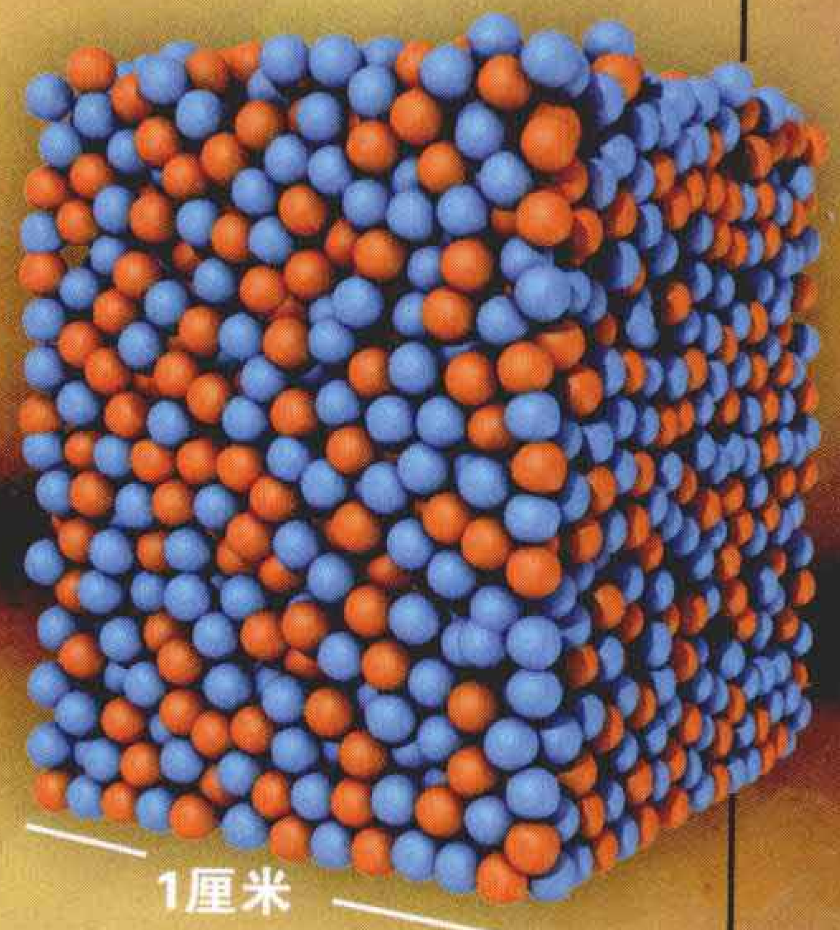
岩石的色泽取决于构成岩石的矿物的颜色。一些颜色是由于岩石的高纯净度而出现的，而另一些颜色则是由岩石中所含杂质造成的。例如，大理石如果含有杂质，就会产生不同的暗斑。

白色

由纯方解石或白云石构成的大理石，通常为白色。

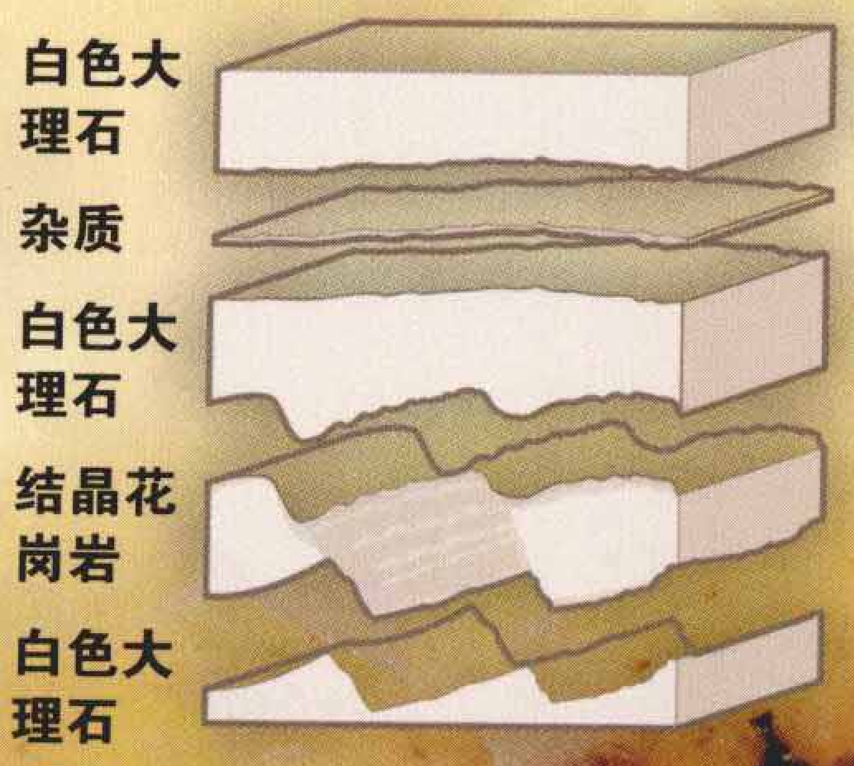
黑色

各种杂质造成大理石内部的不同阴影。



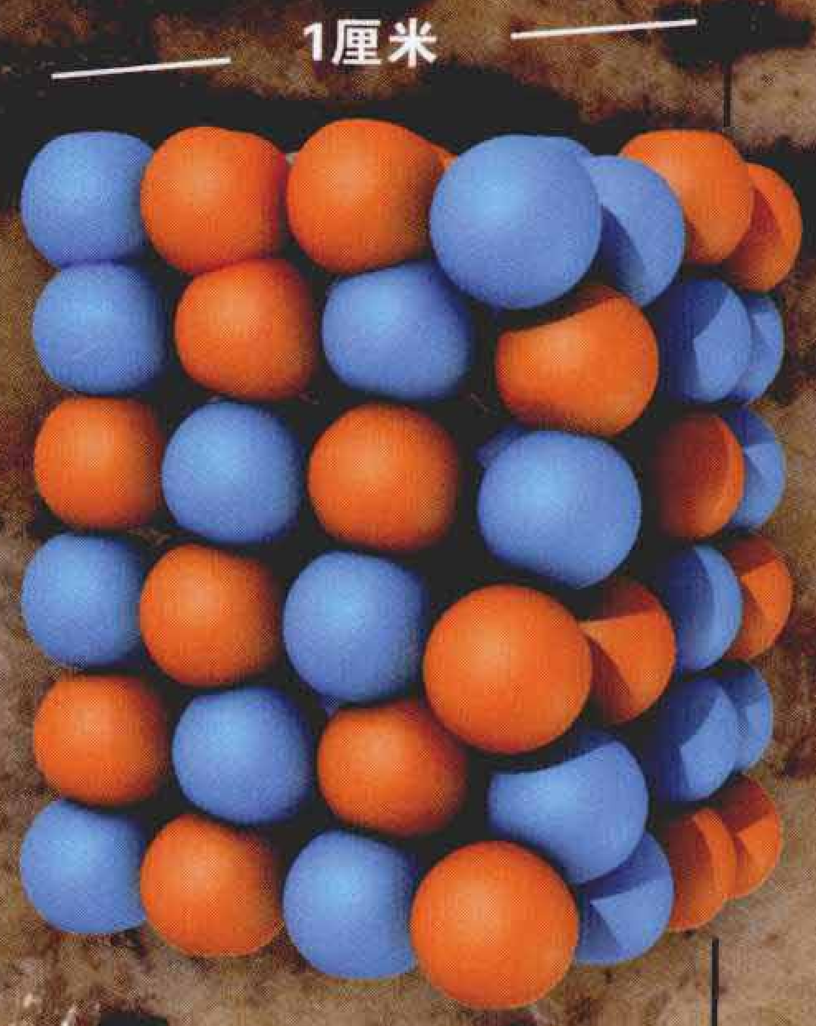
裂缝

岩石破裂时，其表面产生裂缝。如果裂缝最终形成一个平坦的脱落表面，则称之为页状剥落。岩石破裂通常发生在其矿物结构发生变化的地方。



纹理

纹理指构成岩石颗粒的大小和排列。颗粒有粗有细，抑或是极细小的。还有些岩石，例如砾岩，其颗粒是由其他岩石的碎片构成的。如果碎片是磨圆的，则不够致密，因此，形成的砾岩也有较多孔隙。对于沉积岩来说，因为它以沉淀物为主要成分，所以其颗粒较细密。



颗粒

颗粒是指岩石各个组成单位的大小，不管是晶体抑或其他岩石碎片。岩石的颗粒可能是粗大的，也可能是细小的。

晶体

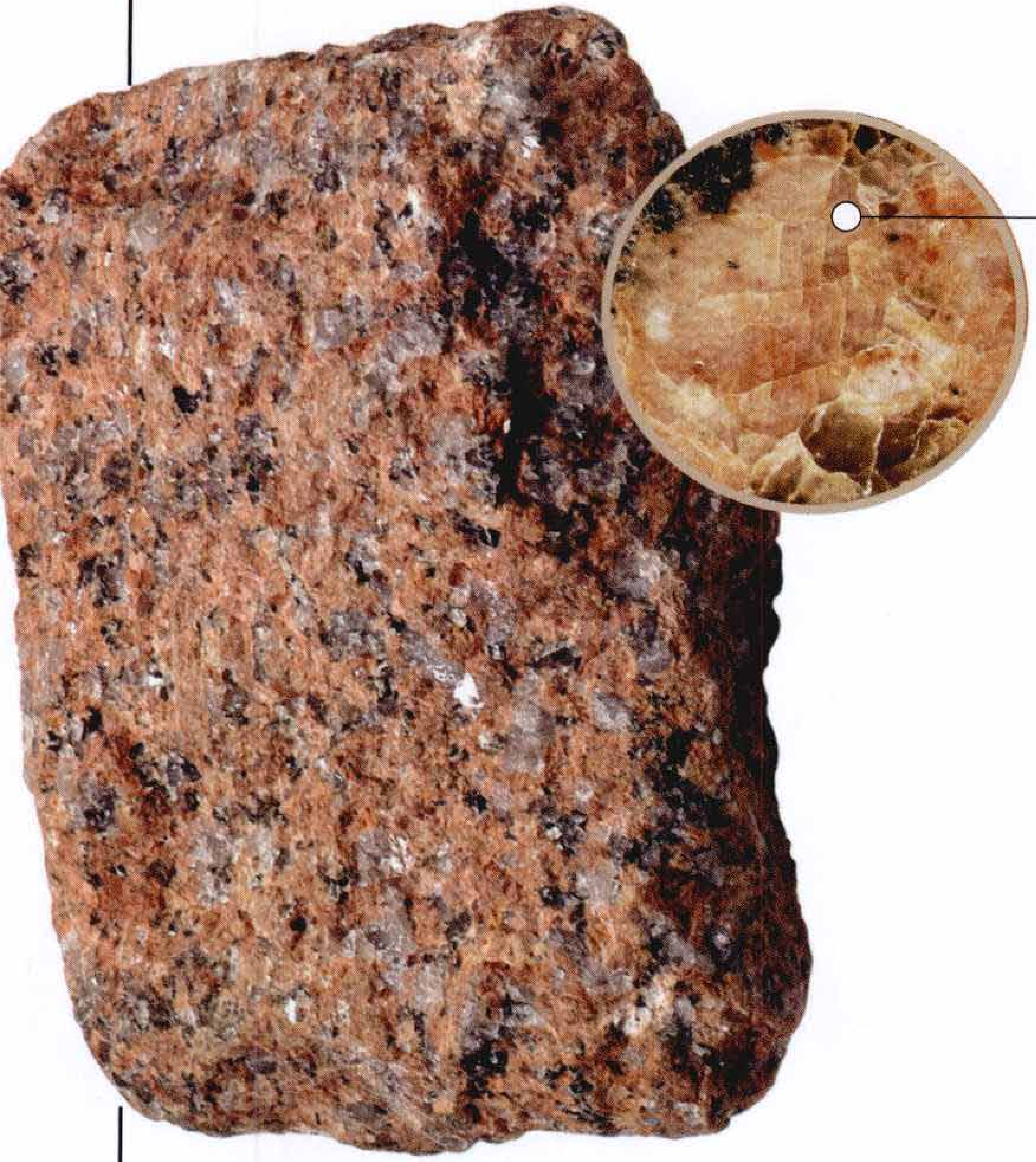
熔融的岩石冷却，其化学元素自行重组，就形成了晶体。矿物也就以晶体的形式存在。

火成岩

火成岩由岩浆或熔岩形成，可按照其成分进行分类。这种分类方式重点考虑下述因素：各类岩石中矿物硅、镁和铁的相对比例；各矿物的颗粒大小（这能够揭示它们的冷却速度）以及它们的颜色。含硅以及许多石英和长石的岩石倾向于浅淡的颜色；硅含量低且含铁、镁矿物的岩石其颜色较深，如橄榄石、辉石和闪石。岩石的纹理由其晶体颗粒的构成形式决定。

地下：火成岩或侵入岩

此类岩石通过岩浆体在其他岩石的深处固化而形成。通常来说，岩石在地壳中都经过一个缓慢的冷却过程，该过程会让形成的纯矿物晶体变得足够大，用肉眼即可看到。通常，它们呈致密结构，孔隙较小。根据岩浆的成分，此类岩石可分为酸性火成岩（富含硅）或碱性火成岩（硅含量低）。花岗岩是最常见的侵入岩。



花岗岩

花岗岩由大颗粒的长石、石英和云母构成。其较浅的颜色说明富含硅，并且岩石呈酸性。因为花岗岩的抗磨损能力强，所以经常被用作建筑材料。

辉长岩

辉长岩含多种铁、镁矿物，如橄榄石、辉石和斜辉石，它们形成深色结晶；长石则使辉长岩的某些部分呈现白色。辉长岩通常固化缓慢，含有较粗大的颗粒。

形成花岗岩的最小深度为

1.6千米。

花岗闪长岩

花岗闪长岩通常易与花岗岩混淆，但是花岗闪长岩的颜色更灰暗，因为它所含的石英晶体和含钠斜长岩晶体多于长石。花岗闪长岩的颗粒粗大，含有被称为“矿瘤”的黑色晶体。

橄榄岩

橄榄岩主要由橄榄石（使岩石呈淡绿色）和辉石构成。橄榄岩的硅含量不到45%，镁含量丰富。镁是一种非常轻的金属。橄榄岩作为古地壳的残留物在地幔上层（60千米深处）含量相当丰富。

岩墙和岩床：矿层中形成的岩石

某些种类的火成岩是在矿层或裂缝中固化的上升岩浆中形成的。所产生的片状岩体，垂直方向的称为岩墙，水平方向的称为岩床。此类岩石的成分与侵入岩和喷出岩的成分类似。实际上，与岩墙和岩床相同，侵入岩和喷出岩也可在裂缝中形成。但是，岩浆在岩墙或岩床中固化的方式使它们形成与火山岩和火成岩不同的晶体结构。

伟晶岩本身十分光滑

伟晶岩

伟晶岩是一种储量丰富、呈酸性的岩石，其矿物成分与花岗岩相同。不过，其固化过程非常缓慢，这种缓慢的过程能够让其晶体生长到数十厘米大小。

玻璃质连接的晶体

斑岩

斑岩的固化分为两阶段。第一阶段是较慢的阶段，形成了粗大的斑晶。然后是第二个阶段，斑晶随岩浆移动，形成了较小的、玻璃质的晶体。斑岩得名于其呈现出的紫色。

线　索

伟晶岩与存在宝石和稀有金属有关。

喷出岩，火山的产物

喷出岩由岩浆在地球表面或接近地球表面时的快速冷却而形成。喷出岩的结构和成分与喷出岩形成地区的火山活动密切相关。喷出岩是快速固化过程的产物，它们通常具有非常细小的颗粒。当喷出岩被从火山排出时，因在冷却前没有时间结晶，由此形成了玻璃质结构。

玄武岩

玄武岩构成了海洋地壳的主要部分。玄武岩的硅含量较低，形成了其标志性的深色（介于蓝色和黑色之间）。快速的冷却和固化过程使得玄武岩的颗粒非常细密。玄武岩硬度高，所以常用于筑路，但因为太滑而不能用作铺路石。

浮石

浮石产生于熔岩，有较高的硅含量和气体含量，呈泡沫状。这也是浮石在快速固化过程中形成密集多孔结构的原因，这种多孔结构能使浮石在水面上飘浮。

黑曜石

这种岩石色泽黑亮，由于其纯度不同，因此暗度有所区别。因其经历了迅速冷却的过程，故其结构呈玻璃质状，而非结晶状，因此黑曜石也常被称作火山玻璃。严格说来，黑曜石是一种类矿物。以前黑曜石常被用于制作箭头。

几何棱柱

通过压缩、膨胀作用以及逐渐结晶的玄武岩熔岩流的断裂，北爱尔兰的巨人堤形成了这些棱柱。

六角形

这是玄武岩结晶而成的最常见的形状。

海洋沉积

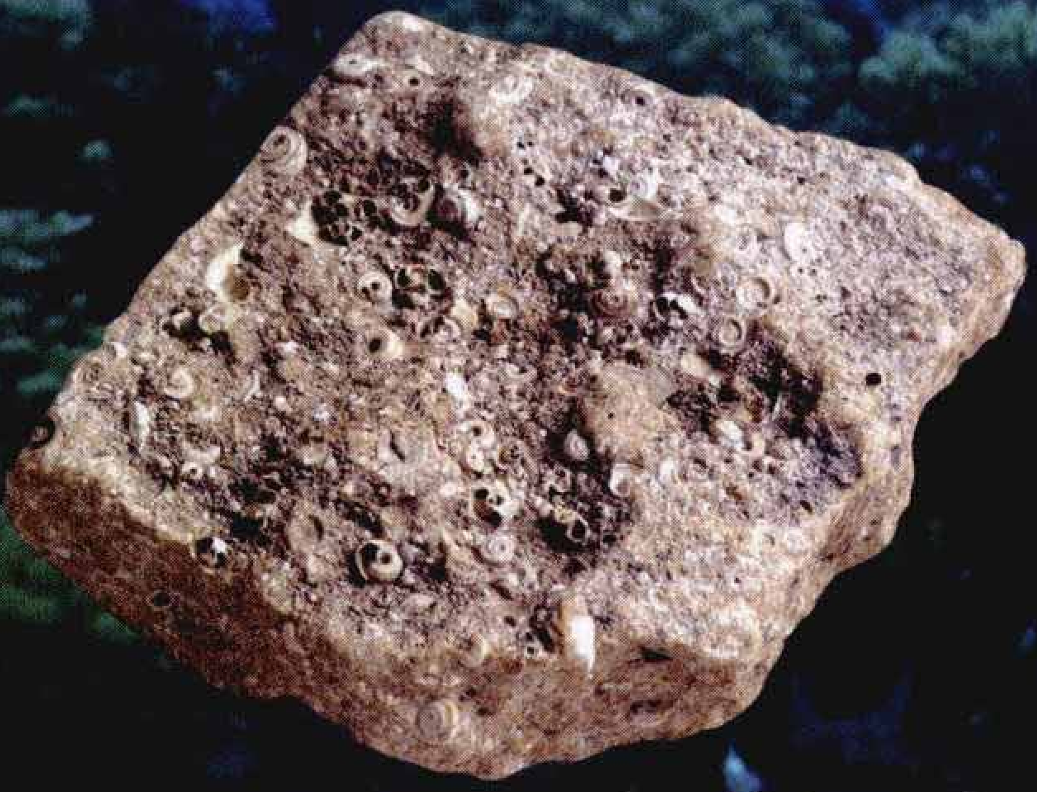
有机物遗体的累积和岩化也可形成沉积岩，最常见的例子是珊瑚礁。珊瑚礁在水下生长，广泛分布在许多较平静海域的海岸地区。许多石灰岩也是这样形成的，它们由碳酸钙（方解石）或钙和镁（白云石）构成。因为沉积岩多孔隙，通常成为化石燃料的储藏地，化石燃料也来源于有机物。其他岩石，如介壳灰岩，是通过海洋里贝壳碎片的沉积形成的，随着时间的流逝，各种物质填满、黏接其间的空隙，并发生岩化作用。

形成珊瑚礁所需的最低水温为

20℃。

从沉积到岩石

由于上面各层的压力，沉淀物发生压缩和岩化，体积减少了40%。水中溶解的各种其他物质（方解石、硅和氧化铁）填满了沉积物颗粒间的孔隙，一旦水分蒸发，胶结作用就会发生。

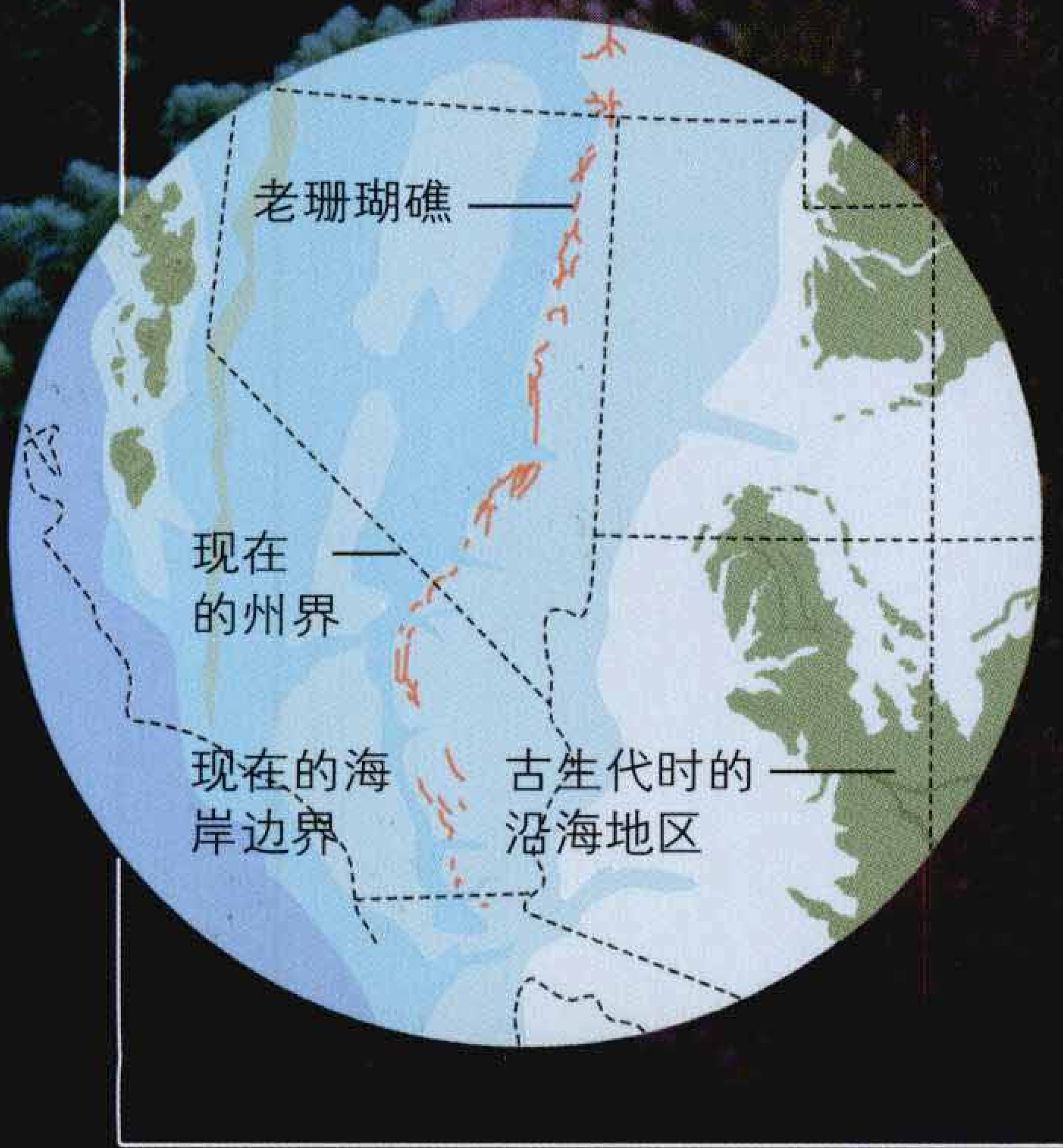


介壳灰岩

方解石

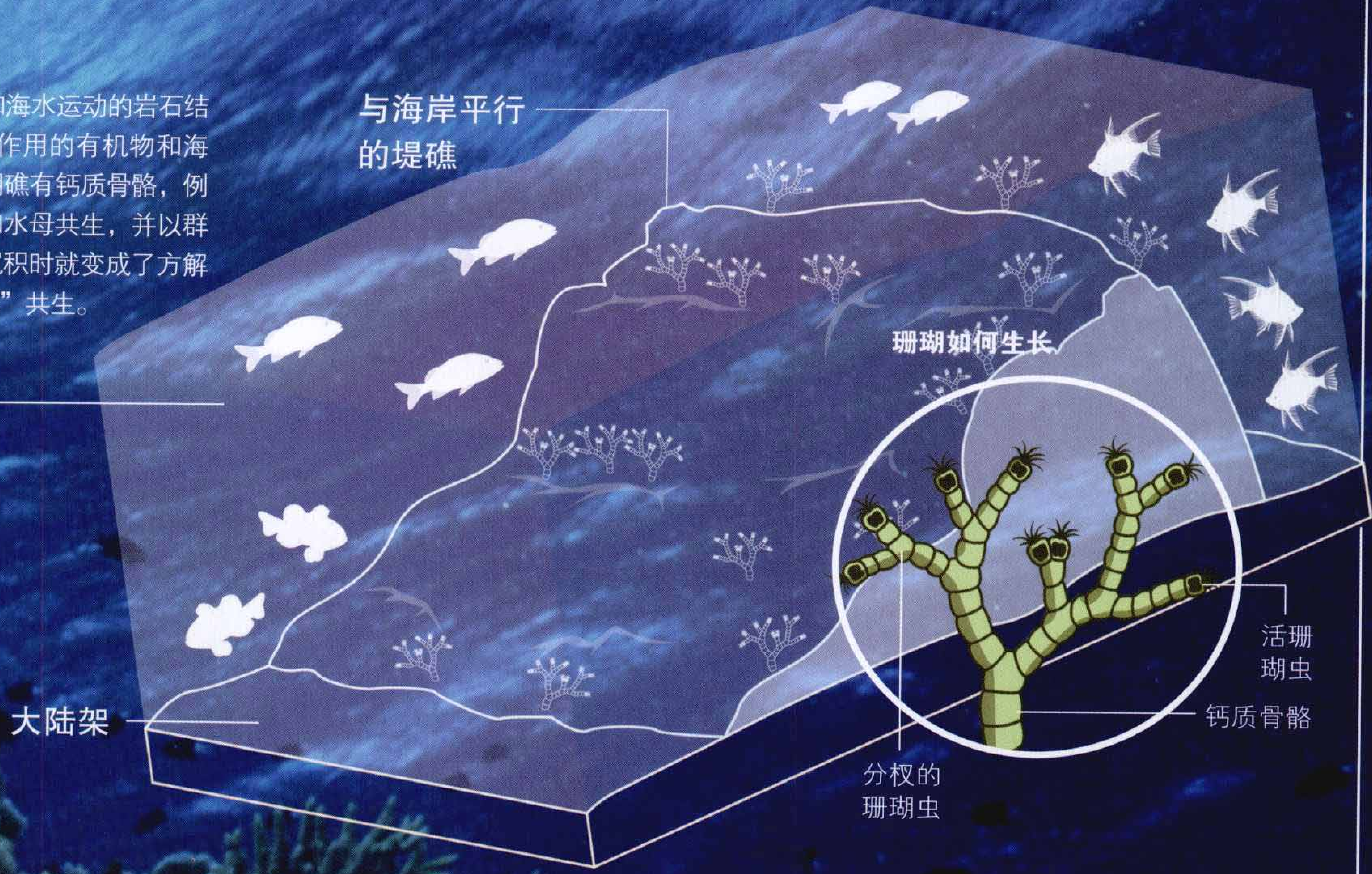
美国亚利桑那州的珊瑚

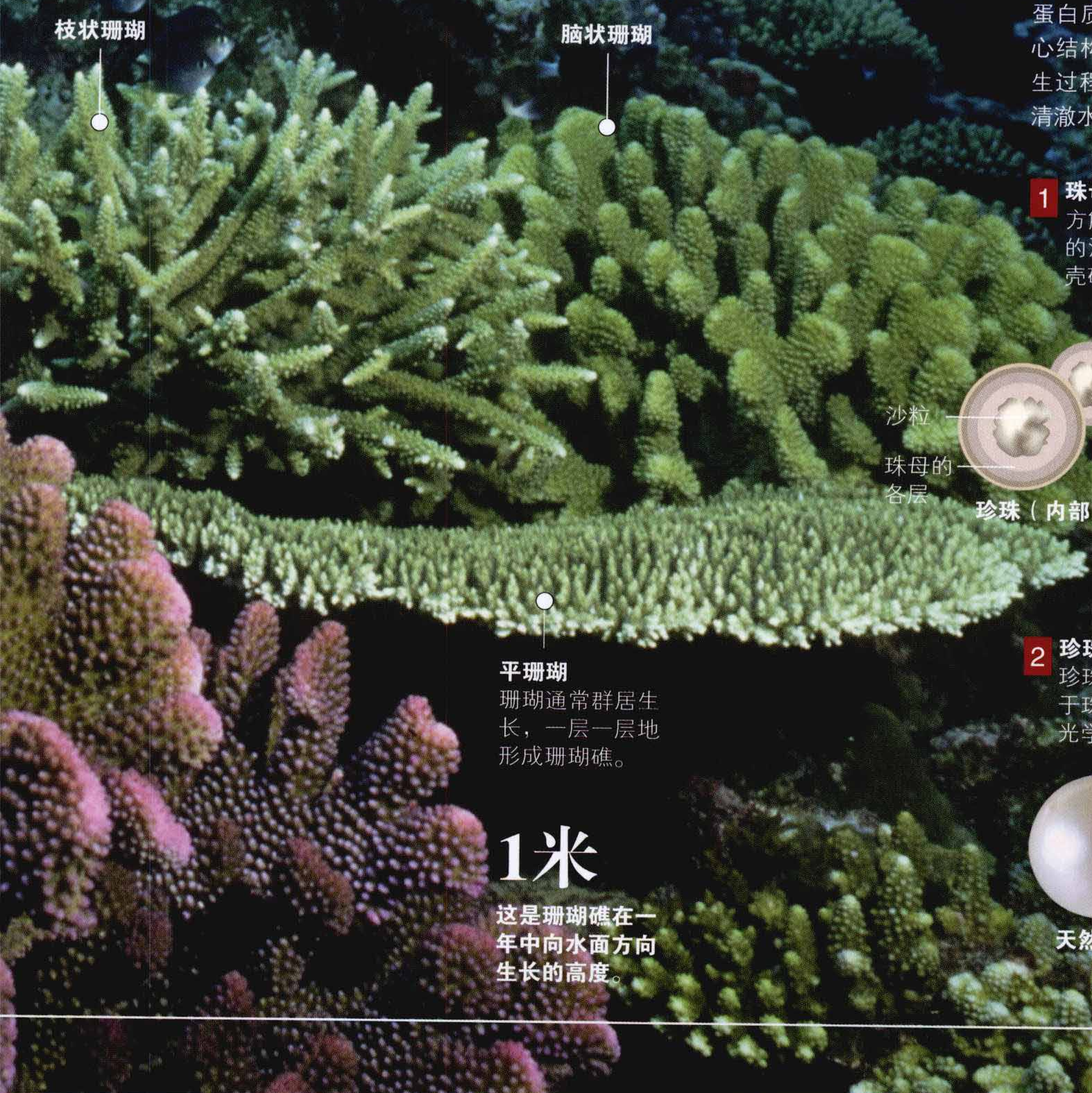
在古生代早期（5亿年前），现在的美国西部山地地区还属于沿海地区，珊瑚生长活跃。今天，我们在亚利桑那州大峡谷所看到的大量的碳酸钙岩组，就起源于那些珊瑚。这些碳酸钙岩组与许多年轻的岩石同时存在。



珊瑚礁

珊瑚礁是一种抵御海浪活动和海水运动的岩石结构，它们主要由能产生光合作用的有机物和海洋动物形成和（或）占据，一些珊瑚礁有钙质骨骼，例如珊瑚虫。这些软体有机物与海葵和水母共生，并以群居方式生存。它们的固体钙质骨骼沉积时就变成了方解石。它们与单细胞海藻——“虫黄藻”共生。





平珊瑚
珊瑚通常群居生长，一层一层地形成珊瑚礁。

1米

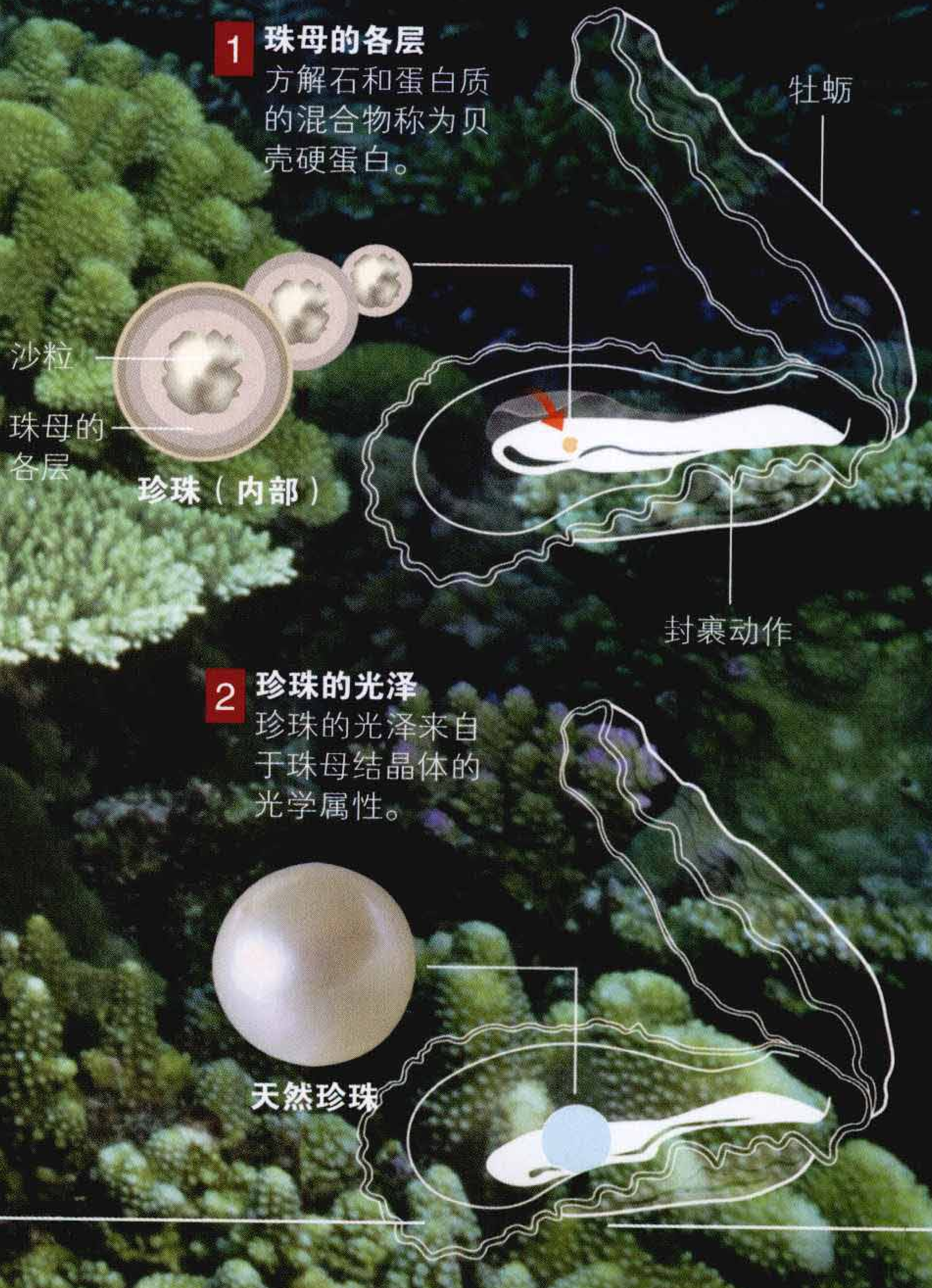
这是珊瑚礁在一年中向水面方向生长的高度。

海里的珍珠和宝石

为了保护自己不受异物入侵，如沙粒寄居在套膜和外壳之间，双壳类软体动物通过蛋白质（贝壳硬蛋白）和方解石构成的交替同心结构，将入侵物包裹其中，这就是珍珠的诞生过程。精美的珍珠主要产自热带海洋温暖、清澈水域中的珍珠贝（珠母贝）。

1 珠母的各层
方解石和蛋白质的混合物称为贝壳硬蛋白。

2 珍珠的光泽
珍珠的光泽来自于珠母结晶体的光学属性。



采集碎屑岩

各种沉积岩中，碎屑岩的数量最多。碎屑岩是较老岩石磨蚀碎屑聚集结块而成。根据碎屑的大小，碎屑岩（从小到大）分为泥质岩、细屑岩和石灰岩、砂岩和砾岩。通过对碎屑岩的成分、胶结基质和层次布局进行分析，能够对岩石和岩石所处地区的地质历史进行重构。一些碎屑岩非常坚硬，而另外一些则容易脱落，可作为岩石颗粒应用于工业和建筑业。●

黏土、石灰和火山灰

这些原料构成了孔隙较少、颗粒细小的碎屑岩。细屑岩是由黏土构成的岩石，黏土的主要成分是直径小于0.004毫米的颗粒。细屑岩一般通过化学沉淀作用压缩聚结。石灰岩则由一种颗粒稍大的沉淀物（最大可到0.06毫米）构成。一些由火山灰构成的岩石也具有类似的颗粒，这些岩石都是非常重要的建筑材料。

压缩的火山灰

在很多沉积岩中，可以发现一些单层或多层细颗粒的火成碎屑物（火山灰）。但其中由较大火成碎屑物构成的岩石比较少。火山喷发时，较大的火成碎屑物在落到地面之前，在空气中发生固化。此类岩石虽源起于火成碎屑物，但却是通过沉淀而变成岩石的。

黏土压缩时，整体的体积减少

40%。

凝灰岩

凝灰岩是已经胶结的火山灰发生沉积而形成的岩石，包括以下几种类型：晶质凝灰岩，主要由火山玻璃构成；石质凝灰岩，由岩石碎片构成；玻璃凝灰岩，主要由火山岩碎片构成。

黏土（高岭石）
含水时，体积增大。

黏土

通常称为“黏土”的物质其实是一种未固结的岩石，它由含水的硅酸铝构成，通常含有很多杂质。纯净的颗粒状黏土称为高岭土，质地松软，呈白色，即使在炉窑里烧制后，颜色仍保持不变。高岭土呈鳞片状微晶结构，通常含杂质。

白垩

白垩由生化作用形成的方解石的岩屑构成，起源于近岸的海里。经过侵蚀和搬运作用，白垩在近海斜坡上沉积，并变得致密。

压缩后
颗粒非常细小的沉淀物

各种砂岩

砂岩是一种由直径大部分在0.06~2毫米的颗粒所构成的岩石，主要根据其矿物成分、复杂程度（或地质历史）以及所含胶结材料的比例来进行分类。石英砂屑岩（95%以上是石英）、长石砂岩（主要是长石）、红砂岩（由铁化合物胶结）和杂砂岩都属于砂岩。

砂岩

砂岩由小颗粒的砂子构成，通过色泽和纹理分层。这种砂岩能证明至少发生了两种类型颗粒的交替沉积。

长石砂岩

虽然长石砂岩中石英和长石的含量多达25%，但它拥有多种不同成分。通常来说，长石砂岩多孔隙，只有不到1%的间隙是空的。此样本中，略带粉色的部分由长石构成，白色部分是石英。

杂砂岩

杂砂岩中，碳酸钙、石英、长石和云母的比例是一定的。它与一般的砂岩不同，其胶结材料含量较高（超过15%）。胶结材料形成了杂砂岩的颗粒基质，这使得它更为致密。

20%

的沉积岩为砂岩。

砾岩

构成这些岩石的颗粒大部分超过2毫米。某些情况下，能够通过肉眼识别出形成砾岩的原生岩石，也就能确定沉淀物的起源区域。从沙砾和胶结材料的累积，可以看到形成砾石处的岩石上的斜面活动或冲击流的活动。利用这些信息，就能重构岩石的地质历史。

砾岩

砾岩由大碎片构成，它是经过滑坡又被压缩的沉淀物的典型代表。此碎屑岩样品的不规则性说明了其起源的混乱，它可能是由天然冲击形成的，也可能与冰碛作用有关。

85%

的碎屑岩颗粒长度超过2毫米。

角砾岩的局部放大照片

角砾岩

角砾岩颗粒粗大，有齐整的棱角和边缘。这说明沉淀物的被搬运距离并不太远，发生胶结的地方离材料起源之地较近。

有机岩石

有机岩由数百万年前经过分解和压实过程的有机物遗体构成。在分解和压实过程中，深度越深，热量越大，岩石的热值和热转化就越大。这些物质所经历的变化称为碳化。●

煤炭的形成

2.85亿年前，诸如叶子、树木、树皮和孢子植物等植物原料，在海洋盆地或大陆盆地上沉积。这些原料没入水中，免受氧化，通过厌氧细菌的作用，其碳含量越来越丰富。

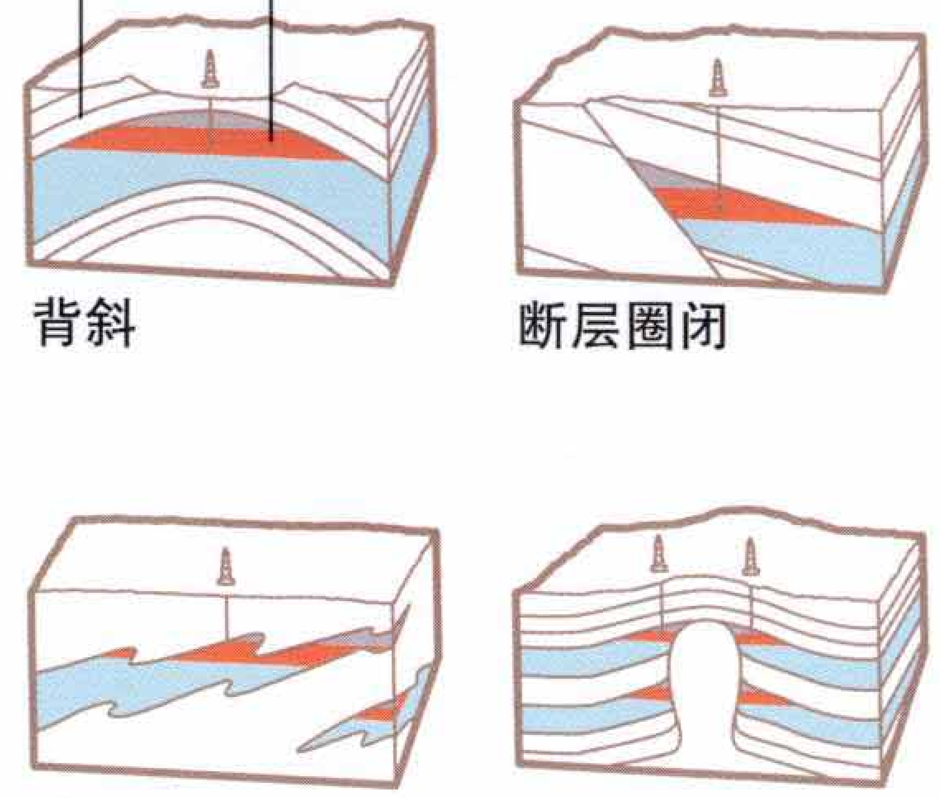
全世界所消耗的原始能源的

26%

来源于煤炭。

石油的形成

在大约2千米深的厌氧环境中，缺氧环境下形成的有机沉淀物变成岩石，随后生成原油。



植被转化成硬煤

1. 植被

在泥炭沼泽中，地表的有机化合物被含氧量稀少的水所覆盖，有效地将其保护起来，避免了氧化。

2. 泥炭

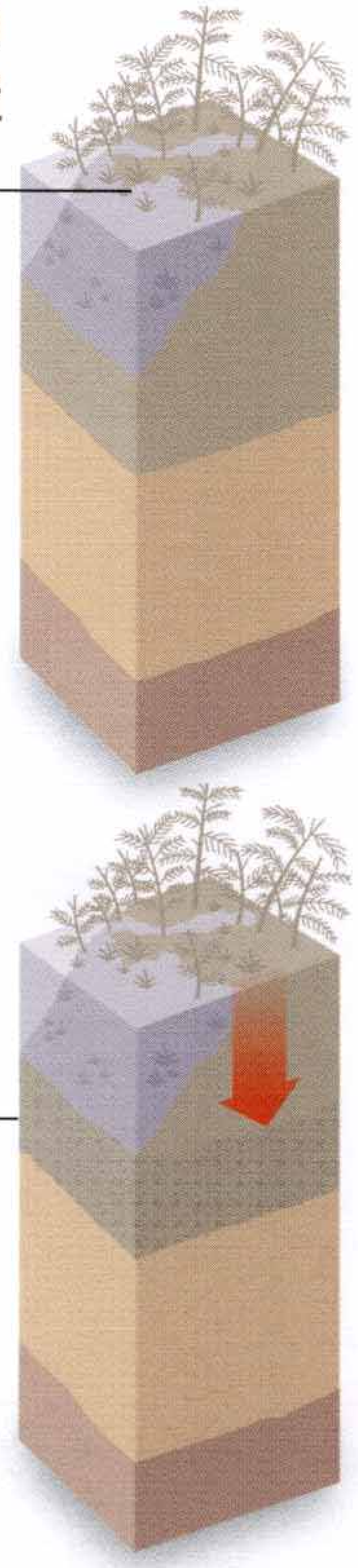
在泥炭沼的酸性水中部分腐烂和碳化，有机物质转化成碳。

含60%的碳。

在地球内部的位置

植被死亡后，会形成泥炭。

泥炭压缩变形



3. 褐煤

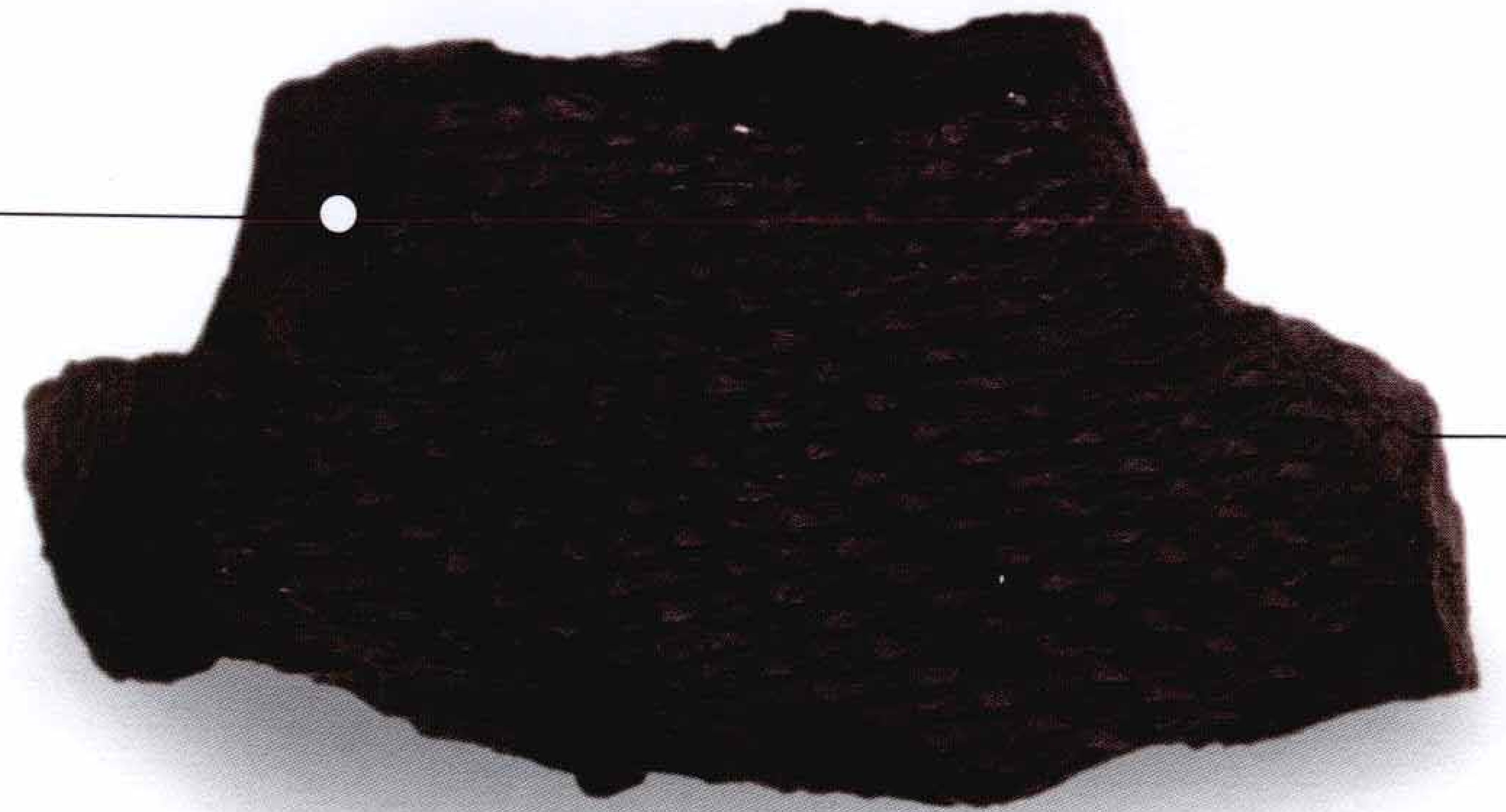
褐煤来源于泥炭的压缩过程，正是在这个过程中，泥炭转化成褐色片状物质。从褐煤中仍可以看出一些原始的植物结构。

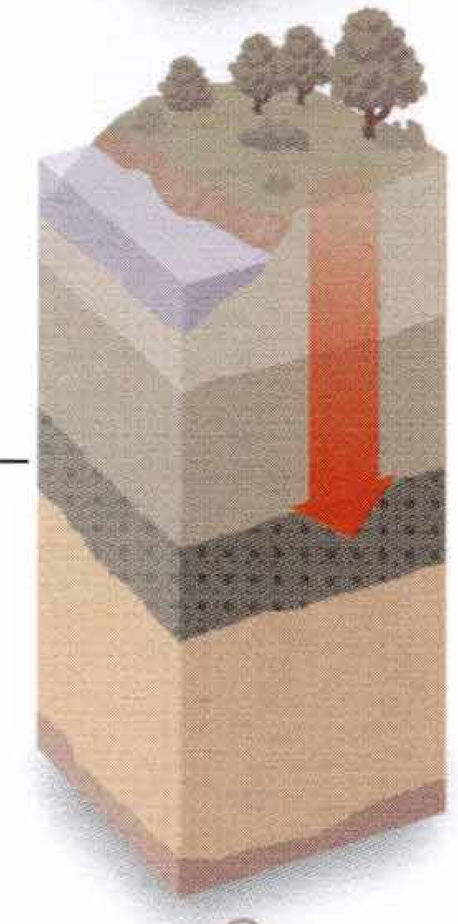
含70%的碳。

4. 煤炭

煤炭以干原料为基础，含有不到40%的矿物质。煤炭具有物体光泽，与木炭类似，摸上去很脏。

含80%的碳。

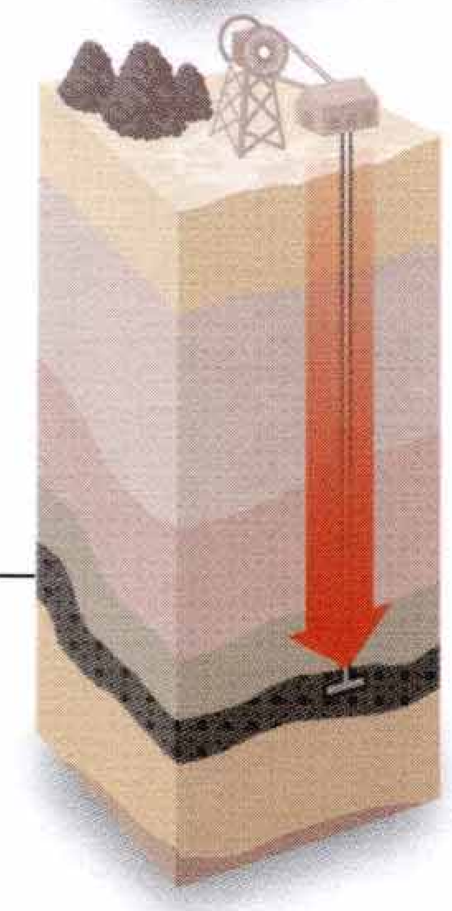




5. 无烟煤

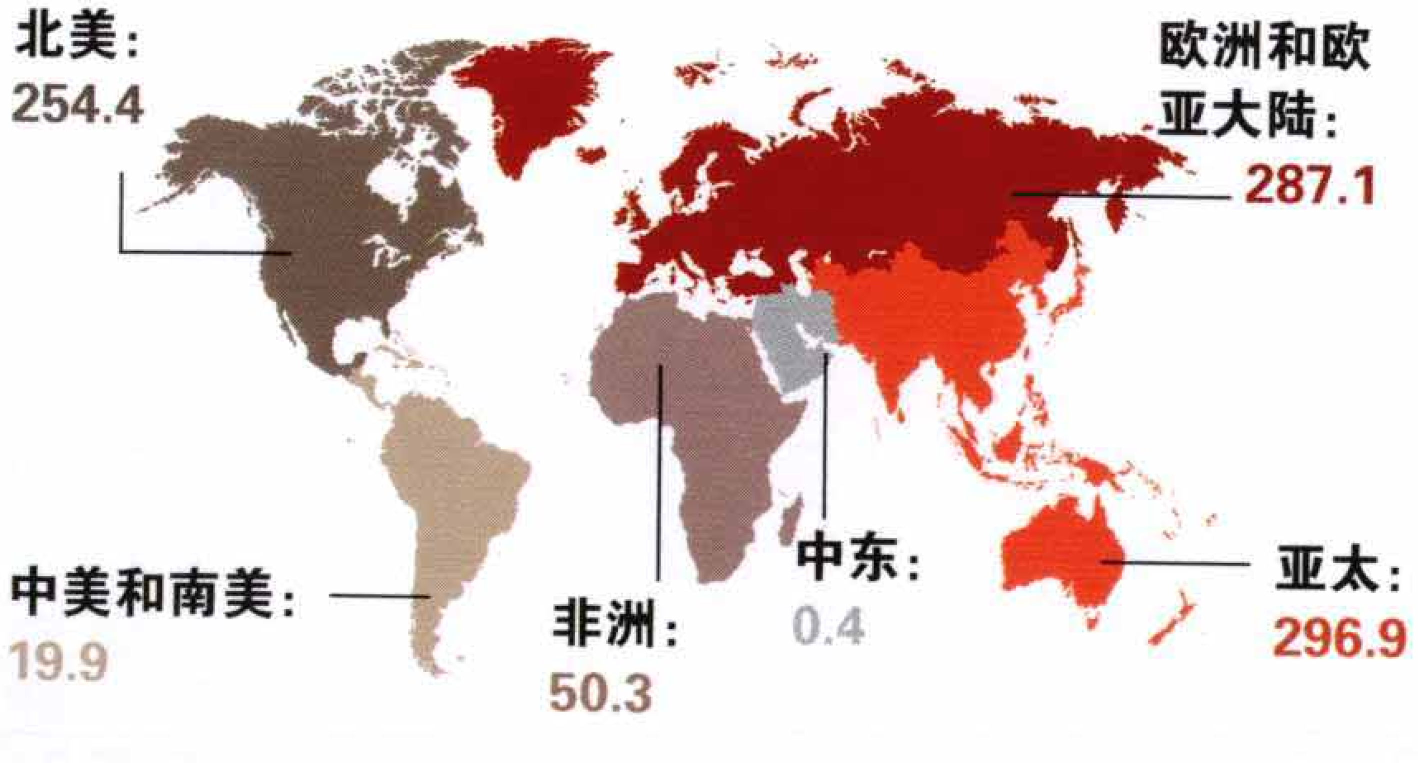
无烟煤是一种碳含量最高的煤。其高热值主要是因为含碳量高，挥发物浓度低。与普通煤相比，无烟煤更硬，密度也更高。

含95%的碳。



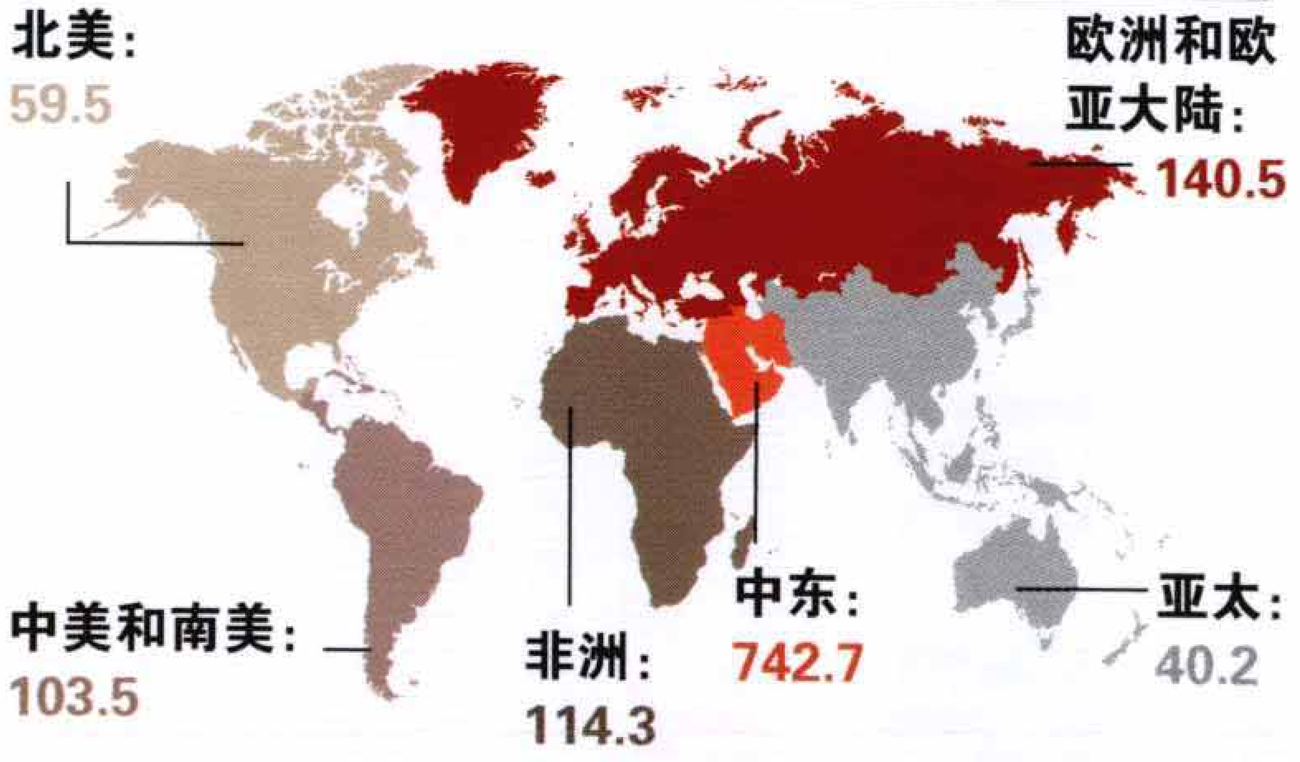
世界煤炭储量

单位：10亿吨



世界石油储量

单位：10亿桶



常见的变质岩

变质岩的分类比较复杂，就算是在同样的温度压力条件下，也不一定会形成同一种岩石。基于这种原因，此类岩石被分成两大类，即有叶理和无叶理。在转化过程中，岩石的密度增加，进而结晶形成更大的晶体。此转化过程对矿物的纹理进行重构，形成层状或条纹状纹理。大部分岩石的颜色来自于其组成矿物的颜色，但它们的纹理却不仅仅取决于其组成成分。●

显微观测板岩
板岩由页状或层状泥质矿物构成。

板岩
此板岩的黑色是因为沉淀物中的有机物含碳而形成的。

含石榴石的片岩
此岩石的名称来自于其元素。片岩决定了其纹理，石榴石决定了其颜色和它与众不同的特征。

云母片岩
云母片岩的特殊色泽由其所含的无色或白色的白云母晶体决定。

角闪石片岩
角闪石片岩中含有钠，以及相当多的铁和铝。

板岩与千枚岩

这两种层状岩石在适度的温度和压力条件下会再次结晶。板岩颗粒非常细小，由小的云母晶体构成，主要用于生产瓷砖、地砖、黑板和台球案等。板岩几乎全是通过沉淀物中的低等级变质作用形成的，只有少数是由火山灰形成的。千枚岩介于板岩和片岩之间，是变质作用的一个阶段产物，它由非常细小的云母晶体构成，如白云母或绿泥石。

千枚岩
千枚岩与板岩类似，以其丝绸般的光泽闻名。

板岩
由于页状剥落的缘故，板岩接近平板状。

叶 理

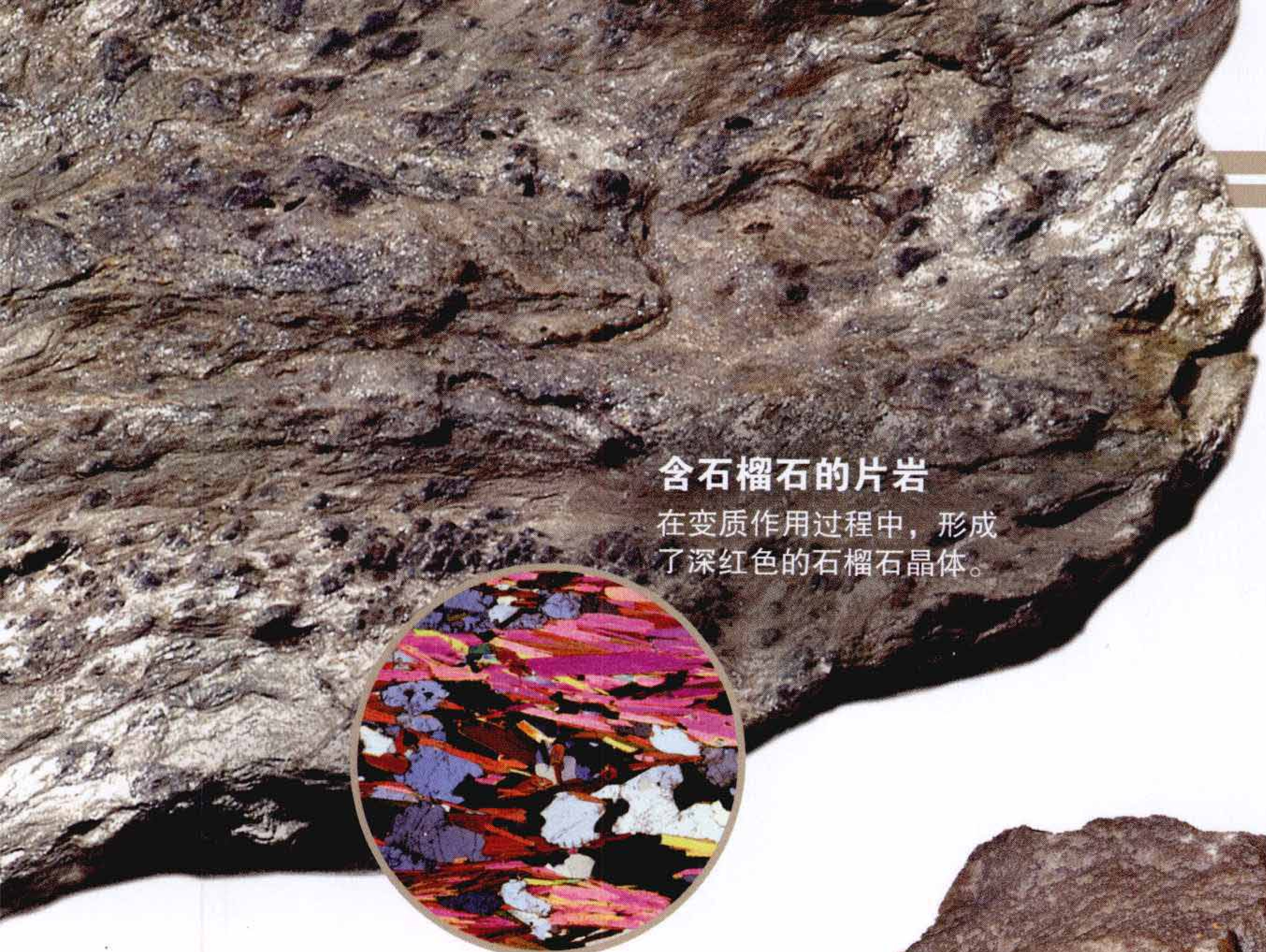
叶理是层状或条纹状纹理，是岩石受到压力而产生的。

片麻岩

有条纹的岩石通常含有长形和颗粒状矿物。最常见的类型有石英、正长石和斜长岩。它也可能含有少量的白云母、黑云母和角闪石。其标志性的条纹是因为浅色和深色硅酸盐的偏析作用形成的。片麻岩与花岗岩的矿物成分相似，通过沉积形成，或是从火成岩衍生形成，也可以通过片岩的高等级变质作用形成。片麻岩是变质过程产生的终极岩石。

条 纹

条纹能够确定岩石所承受的压力的方向。



含石榴石的片岩

在变质作用过程中，形成了深红色的石榴石晶体。

大理石和石英岩

大理石和石英岩的结构致密，且不分层。大理石是粗颗粒石英岩，由石灰岩或白云岩衍生而来。因为其颜色和硬度方面的特点，大理石常用于建设大型建筑物。石英岩非常坚硬，通常由富含石英的沙石构成。在温度压力等变质条件加强的情况下，石英会像玻璃片一样熔化。石英岩一般呈白色，但是，氧化铁会让其色调略带红色或粉色。

石英岩

石英岩坚硬结实；因为石英颗粒相互缠绕，石英岩结构致密。

石英岩的硬度为

7级。

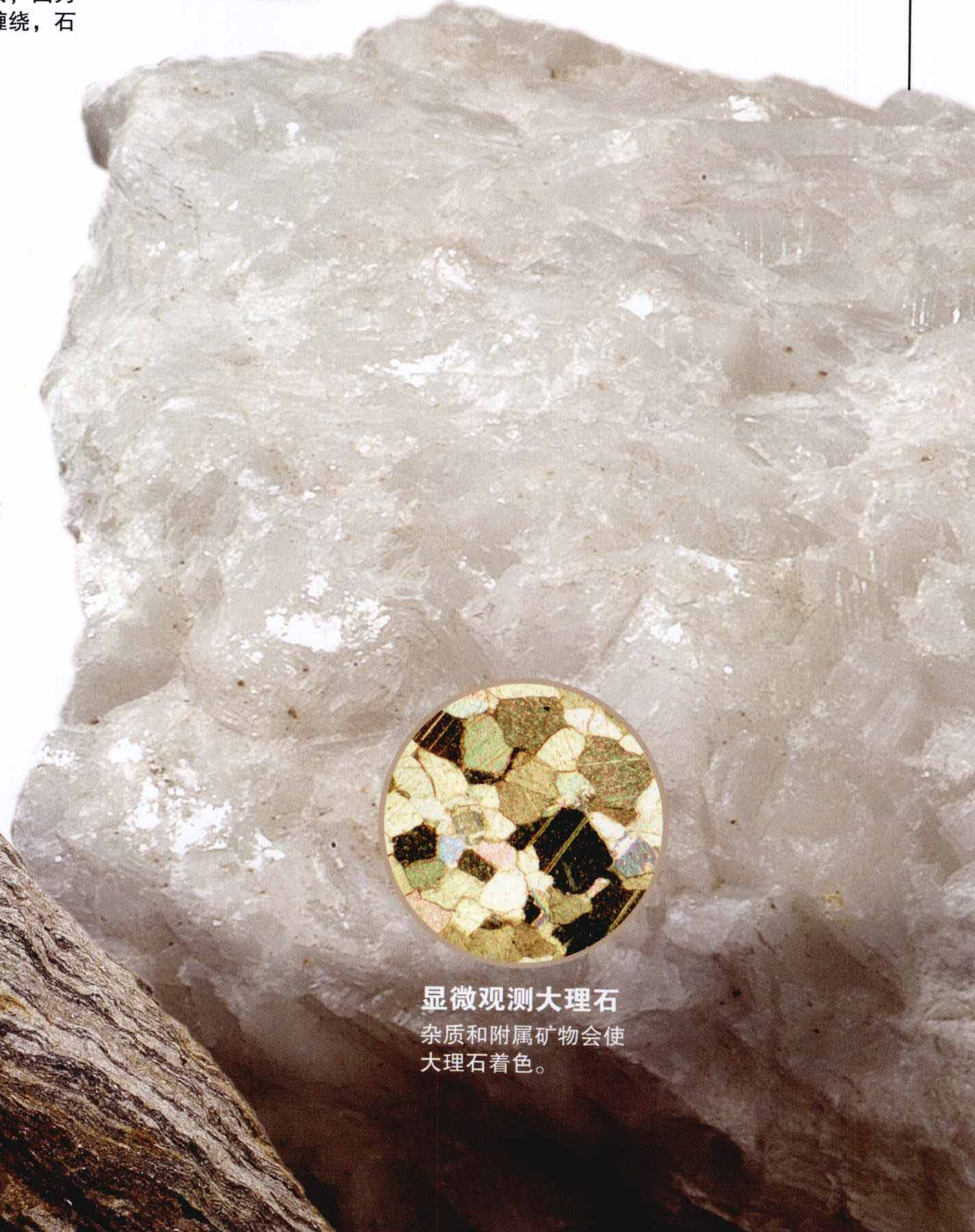
片岩

此种岩石接近叶状结构，会脱落为细小叶片。片岩的20%以上都是由平滑、细长的矿物组成，一般包括云母和闪石。要形成片岩，则需要更强烈的变质作用。不同片岩质岩石的名称和特点取决于构成这些岩石的主要矿物，或是产生片状剥落的矿物。最主要的片岩质岩石有云母、角闪石和滑石。因为这类岩石有不同的层次，所以常被用于雕塑。

片岩中云母颗粒的大小为

1毫米

或1毫米以上时，肉眼即可看到。



大理石

大理石因为其纹理和色泽受到高度评价，常用于雕塑和建筑。

显微观测大理石

杂质和附属矿物会使大理石着色。

片麻岩

热量和压力能把花岗岩转化为片麻岩。

佩特拉废墟奇观

过去，古罗马的历史学家们常常谈到一座神秘的石头城。1812年，瑞士人约翰·路德维格·贝克哈特重新发现了这座城市——佩特拉。科学家曾在佩特拉发现新石器时代文明的遗迹，不过，佩特拉城是游牧民族纳巴泰人在公元前四世纪建立的。纳巴泰人是激进型商人，他们通过控制香料贸易而发迹。这座雕筑在砂岩上的城市在经历了数度辉煌之后，最终沦为残垣废墟。

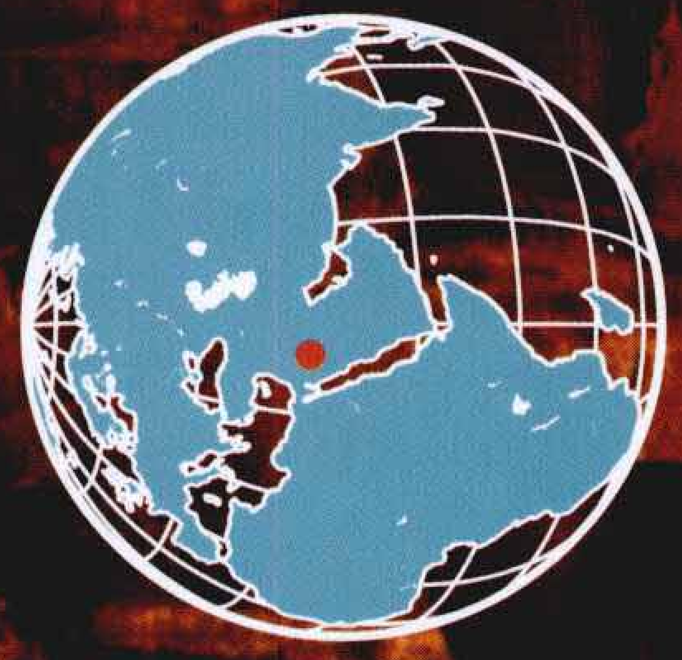
神庙与墓穴

进入佩特拉古城的唯一途径是步行穿过岩石中间的一条狭窄的通道。这条通道长1.5千米，在某些地段，宽度还不到1米。进入古城，首先看到的是宝库（卡兹尼），然后是一座古罗马式的圆形剧场。这些建筑都雕刻在山崖中，上面开凿有3 000多座古老的墓穴，城市还建有防御工事。

游览胜地
各种岩石建筑是在1 000多年间的不同时期建造起来的。

深藏于沙漠之中

佩特拉城深藏在群山之中，在约旦首都安曼以南250千米处，位于红海和东非大裂谷以北。

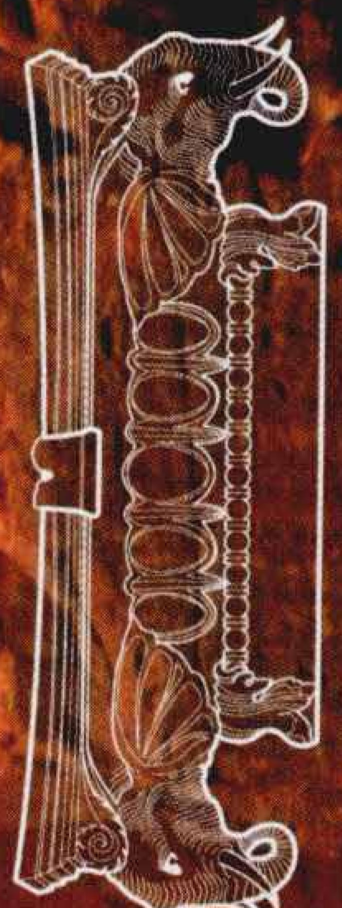


身处裂谷之中

佩特拉城的崖壁是东非大裂谷的一部分。公元363年，佩特拉城毁于一场地震。

不确定的起源

佩特拉城的建筑主要为希腊、埃及和罗马风格，不过，它们与东方元素密切共存。直到今天，专家们仍难以确定佩特拉的起源和建设时间。佩特拉的外部装饰与神庙的严谨内饰形成鲜明对比。外部装饰绘有起源于繁荣时期（公元前1世纪）的奢华的公共浴室。不过，佩特拉城的大部分人口（在鼎盛时期约达20 000人）都居住在土砖房屋中。



大象
大象原生于非洲或印度，经典文化中并没有关于大象的描述。不过，在这里希腊风格的都城装饰中能看到大象的形象。这种特殊的文化交融产生了一些意象，而这在古代世界上的其他任何地方都没有出现过。因此，考古学家们很难确定佩特拉城艺术遗迹的准确时期。

宝库

传说这座建筑物中藏有法老的财宝。这座建筑物的立方体内饰墙面光滑，墓室呈行排开。

东西方世界之间的大门

这座雕像是塞拉皮斯神，是希腊和埃及的崇拜之神，建于公元前4世纪。塞拉皮斯神源于希腊，但方尖塔造型和立方体石块作为典型的埃及纪念碑风格，在佩特拉城也被广泛采用。曾有很长一段时期，人们认为佩特拉是圣经中的城镇以东，它的战略位置使之成为印度人和非洲人的交通枢纽。佩特拉对罗马帝国和拜占庭帝国都产生了深远影响，因为它是去往东方的大门。遗憾的是，7世纪早期，纳巴泰文化开始融入伊斯兰文化，最终归于湮灭。

科林斯式柱头
希腊建筑中最经典的柱头设计形式之一，其他还有爱奥尼亚柱式和多里安式柱头。

翼狮
这些雕塑位于阿塔迦蒂斯神庙中，在纳巴泰文化中，阿塔迦蒂斯是丰饶女神。

岩石雕刻

在沙石上利用地形特点进行建筑。建筑工匠在岩石上已有的裂缝和裂纹基础上开凿孔洞。佩特拉的沙石至少由两种原始类型的沉淀物构成，这些沉淀物的颜色各不相同。有些人认为，这些沉淀物来自于不同的地质阶段，但更可能的情况是，最初的沙子是由不同类型的颗粒构成的。

沙石
沙石是一种沉积岩，颗粒为中等大小（直径不到2毫米），韧度和硬度都很高，其矿物成分多种多样。在约旦沙漠中的沙石最终形成崖壁。

塞拉皮斯神
塞拉皮斯是繁荣与神秘之神。在埃及的圣像图中，塞拉皮斯神长有双角。

岩石及矿物的用途

自古以来，人类从未停止对煤炭的开采。大多数矿脉都位于地面以下数百米处，所以，只能采用地下开采的方式，深入地球深处挖掘这些宝藏。人类社会许多产品的原材料都来源于这些从地球内部获得的各种物质，它们

遍布全球

几乎世界上所有地区都有煤炭，但是如今具有商业性煤炭储量的只有欧洲、亚洲、大洋洲和美洲的一些地区。

日常应用 78–79
金银之山 80–81
露天矿 82–83
金光夺目 84–85
黑如煤炭 86–87
黑金 88–89
放射性物质 90–91

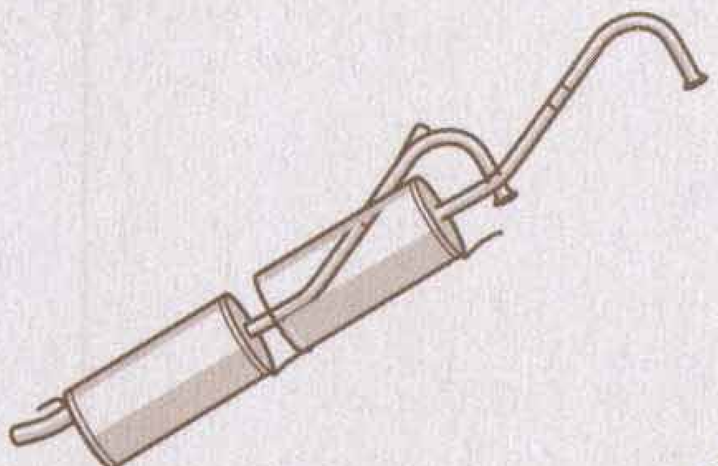
是现代文明的基础。遗憾的是，地球的煤炭和油气储量资源日渐枯竭，人类不得不努力寻找其他替代性能源。比如核能，核能需要铀等放射性元素，它们就存在于某些岩石中。●

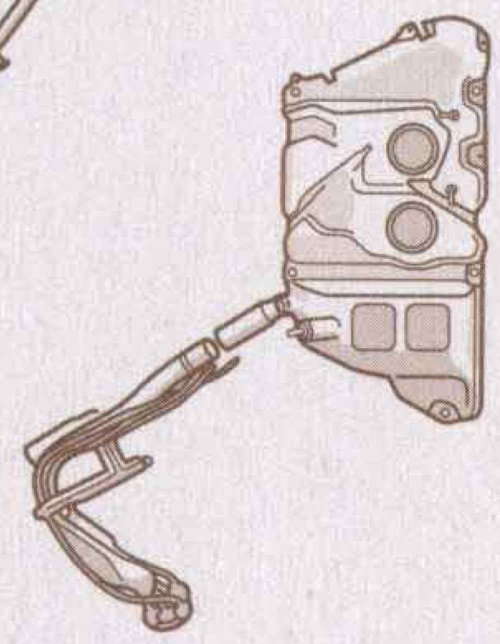
日常应用

我们简直无法想象，如果没有用岩石、金属或非金属矿物制造的物品，我们的生活将会变成什么样子。要证明这一点，只要简单地观察一下汽车的各个配件，然后寻根溯源，想一想它们的形成过程就够了。在某些情况下，我们很容易明了某种物质的结构特征，但也有一些物质（尤其是非金属，如煤和硫）并不那么引人注目，但它们也构成生产过程的一部分。这种生产过程往往注重和改进每种物质的物理、化学以及电气性能。●

碳氢化合物：能量之源

石油衍生物一经燃烧，就会产生推动前进的能量。这种燃烧反应将燃料箱里的汽油变成了由排气管排出的废气。在这个过程中，通过一种带有成千上万个过滤室的催化剂过滤掉了两种毒性最强的气体：一氧化碳和氧化氮。



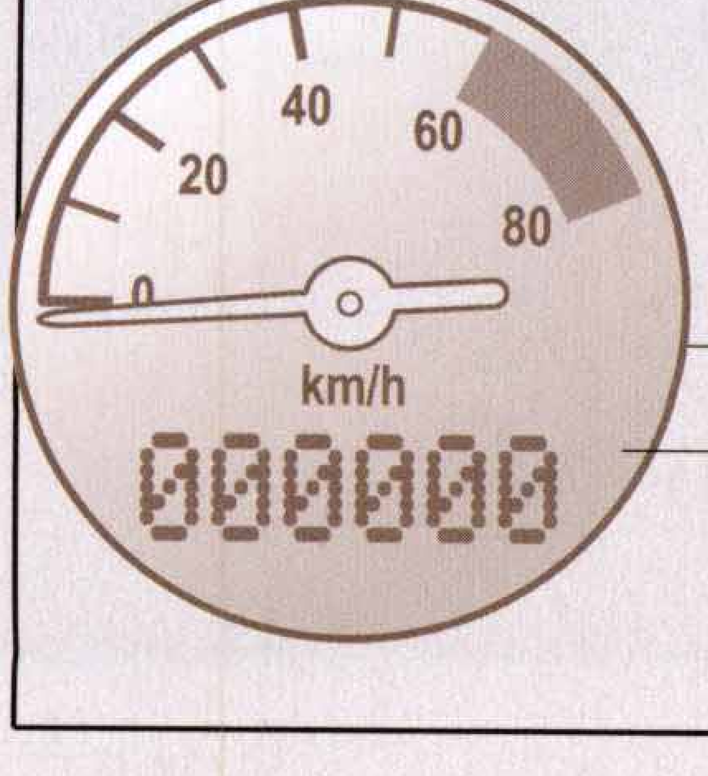


电气特性：导体、绝缘体和半导体

金属容易失去电子，它们是生产电缆和电路的核心原料。非金属（及其聚合衍生物）阻碍电子的流动，常被用作绝缘体。其他矿物（如硅）的特性介于二者之间，别具用途。电子元件就是通过对矿物添加杂质，改变其特性而制造出来的。

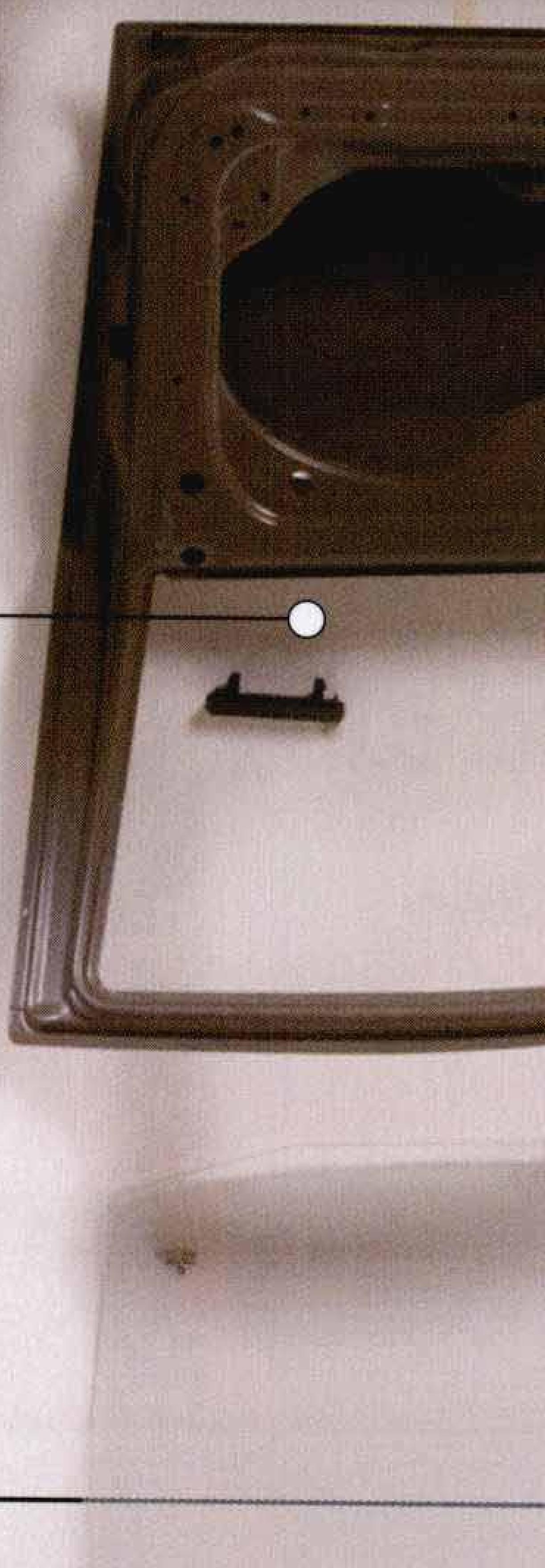
控制板

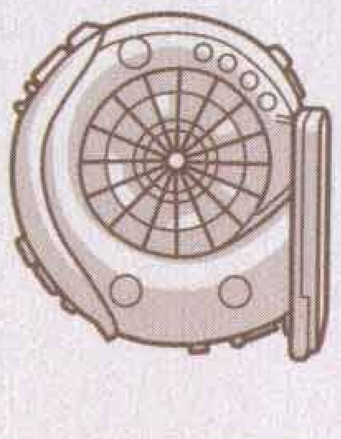
接触面较小的地方，使用的金属更加贵重（黄金是最好的导体）。硅常用于芯片和其他电子产品，而锶元素涂料常用于磷光性显示器。

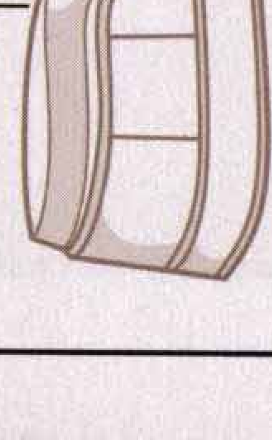


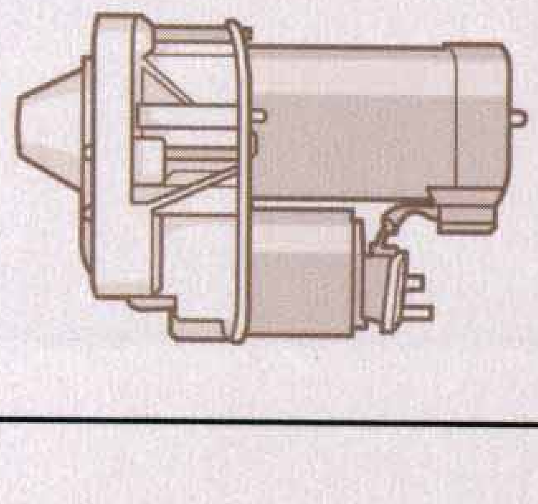
0.0283 千克/立方米

在工业应用中，镁是最轻的金属。







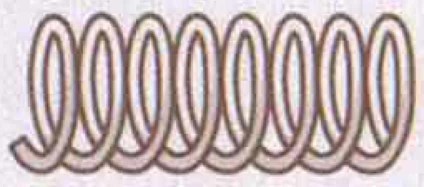


金属

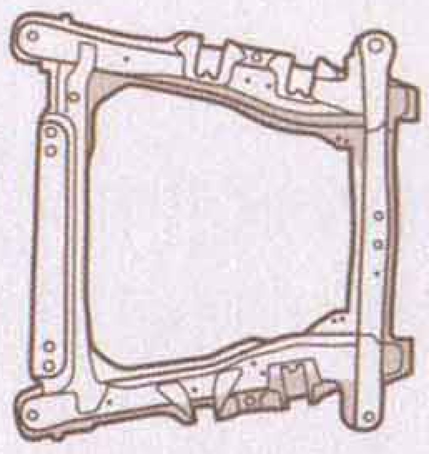
汽车车体由铁（来自于钢铁和磁铁矿）、铝和镁构成。其他金属用于生产抗扭转（钒、镉）、耐高温（钴）和耐腐蚀（镍和锌）的部件。钡和铂用于生产非常特殊的部件，其他金属的用量较少，如用于润滑剂、车用液体或涂料。

20%

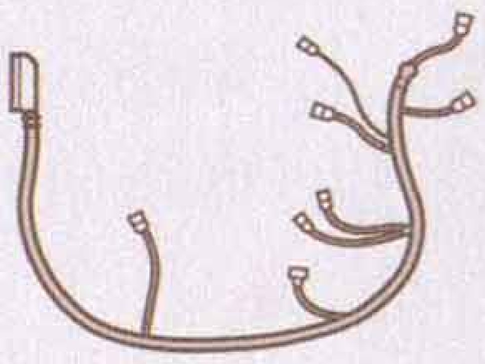
与同样重量的钢相比，铝的体积大20%。



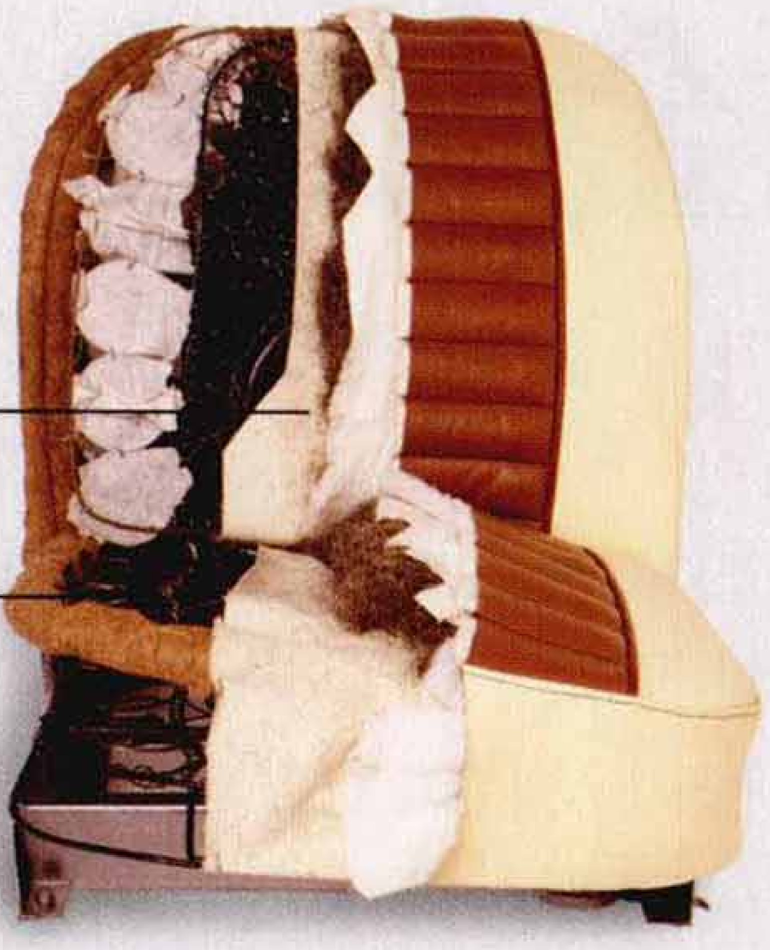
弹簧
镉



发动机架
发动机架用于支撑发动机，由磁铁矿（一种铁矿石）制作而成。



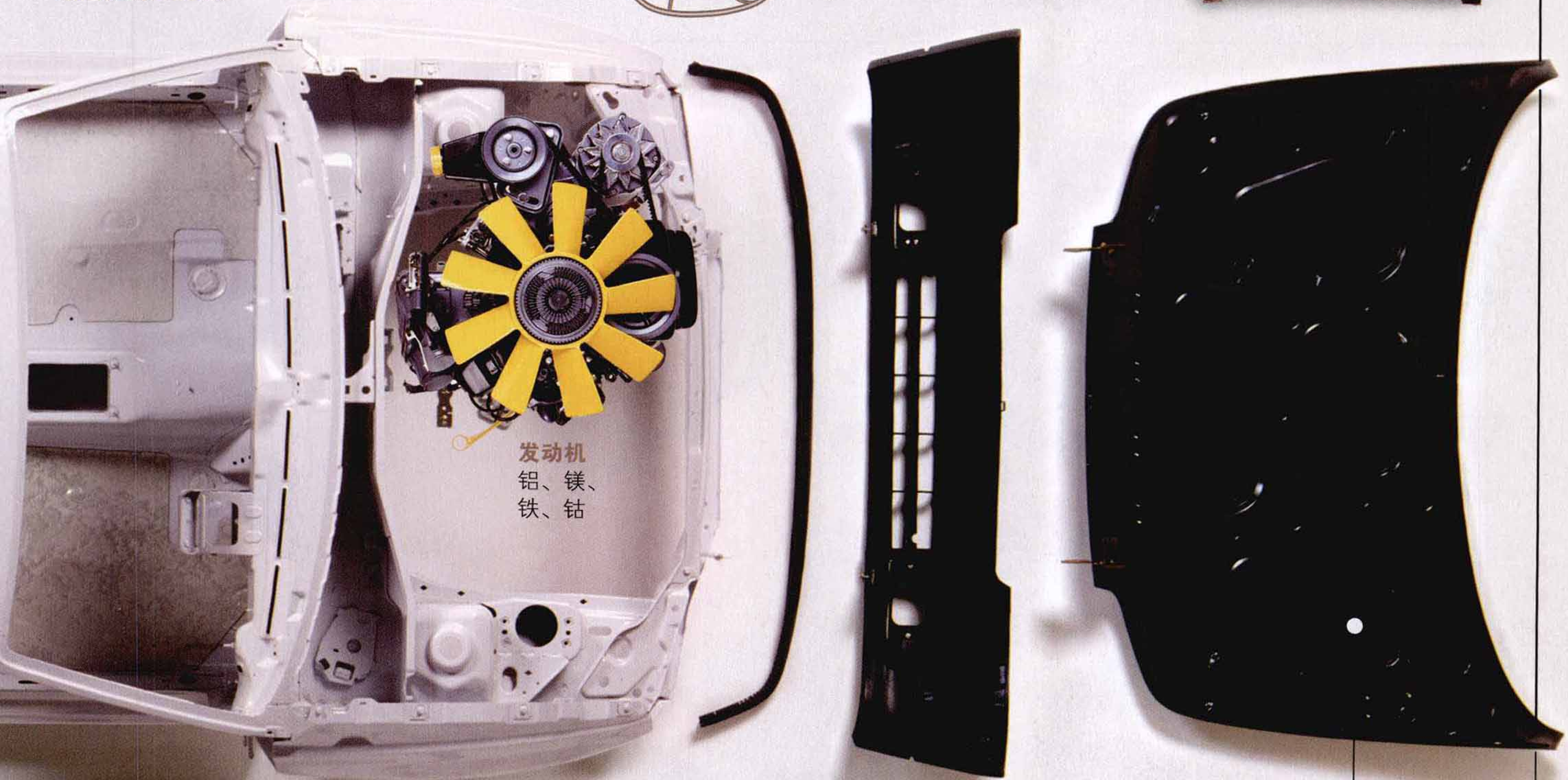
接线系统
铜



车座

靠背
玻璃纤维

弹簧
钢



镁
增加灵活性

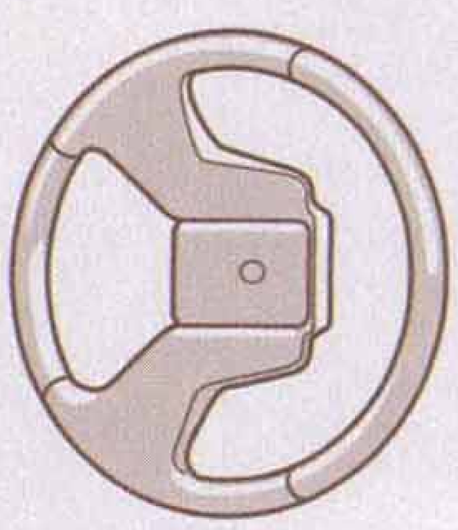
镜子
玻璃和铅

窗户
玻璃（硅）

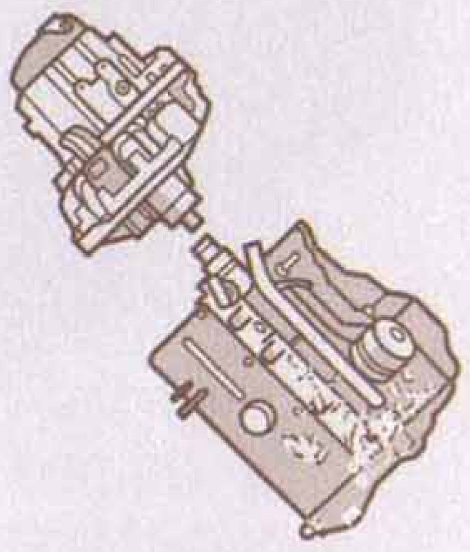
非金属

硅及硅衍生物（硅酮、硅石和硅酸盐，如石棉）在汽车制造中被普遍应用。它们一般以晶体形式（如石英）或以非晶体形式（如玻璃）存在。其他非金属有助于增强金属的性能，例如在钢的生产过程中添加碳，在橡胶硫化过程中添加硫黄等。

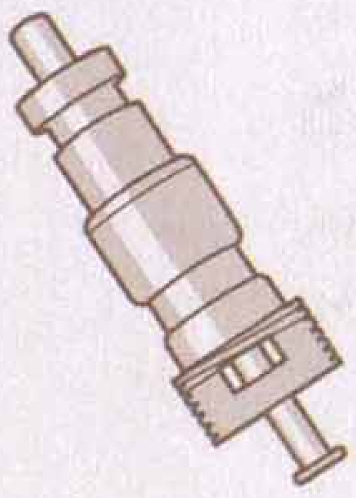
车轮
在合金和汽车面漆中经常需要添加钛。



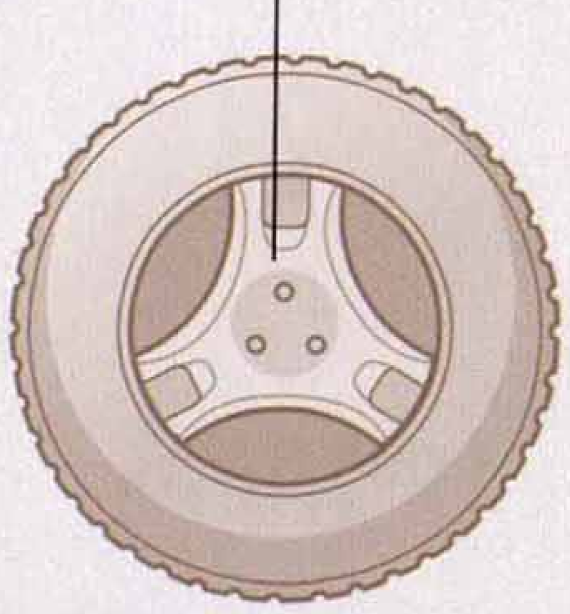
方向盘
硅胶涂层



发动机接合点
石棉



火花塞
陶瓷（高岭土）



轮胎
硫化的钢丝网

金银之山

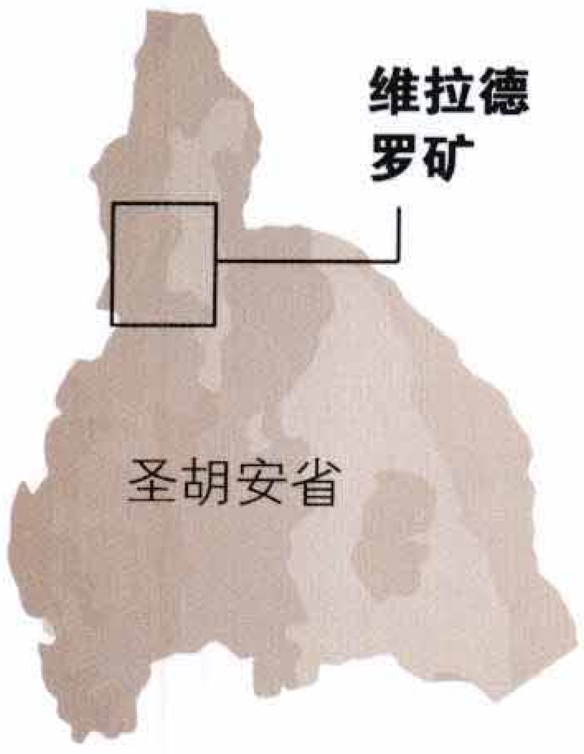
从决定开采疑为存在有价值矿物的区域，到批量获取这些矿物，大型复杂的开采作业往往要持续数年。例如维拉德罗矿的开采，维拉德罗矿是一座位于阿根廷安第斯山脉圣胡安省的露天金银矿，由加拿大巴里克黄金公司开采。在2005年10月获得第一批金锭之前，进行了长达10多年的研究和前期开发工作。为了开矿作业，首先修筑了道路和房屋。因为开采必须使用炸药，而且提纯过程以及将岩石从其他金属中分离出来的过程都需要使用有毒物质（如氰化物），所以前期要对开采造成的潜在环境影响进行全面的分析评估。●

维拉德罗
阿根廷
纬度：南纬29°
经度：西经70°

总面积：	3 000 平方千米
雇佣建筑人员（高峰时期）：	5 000人
黄金储量（首次估算）：	900吨
预计使用期限：	17年

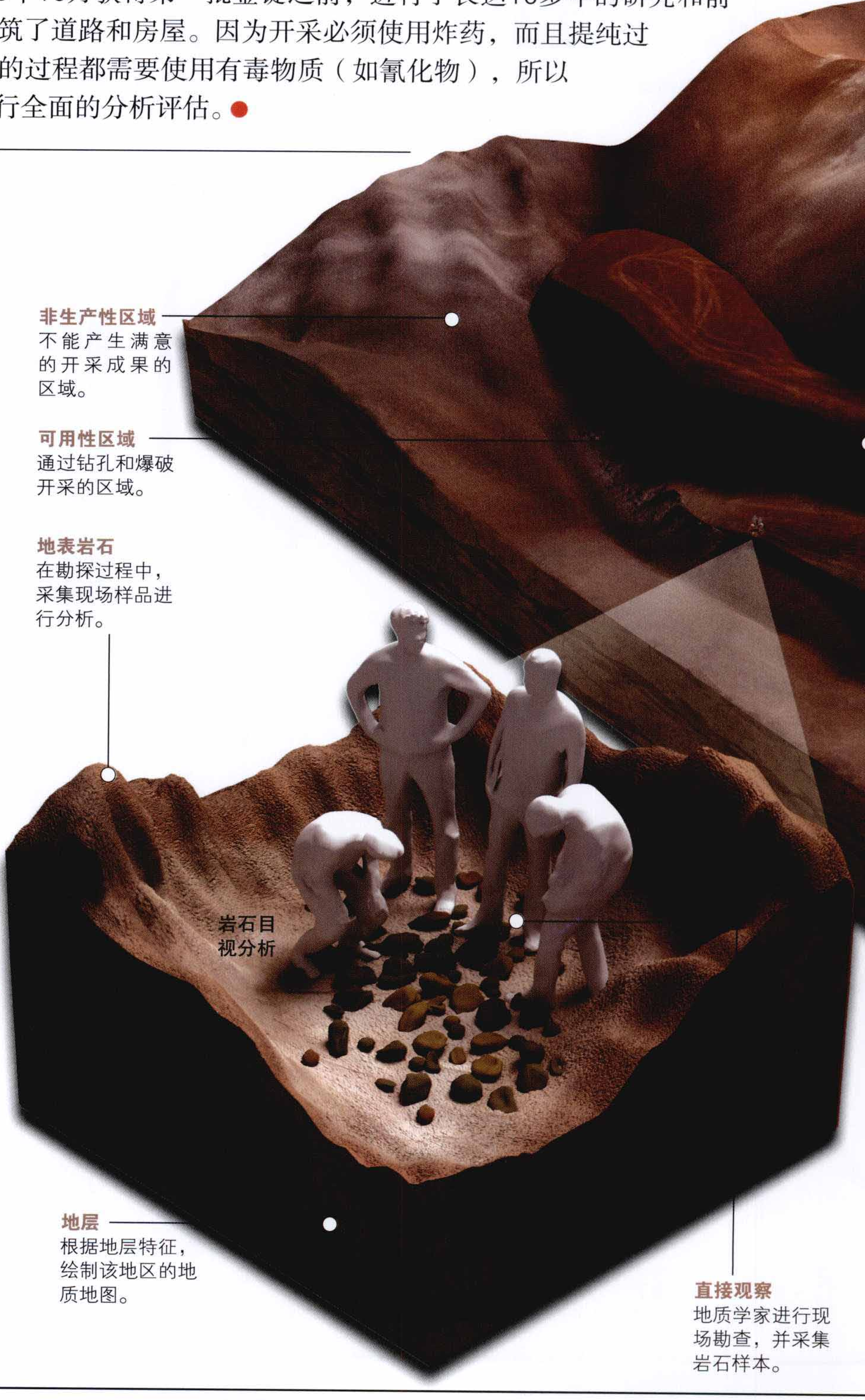
巨大的露天矿

如地图所示，维拉德罗位于阿根廷圣胡安省。为了提取黄金，每年需要建设2 300吨重的金属结构物，消耗2 520吨氰化钠。



矿区海拔高度为

4 000米。



1.

勘探

1~3年

费用：1 000万美元

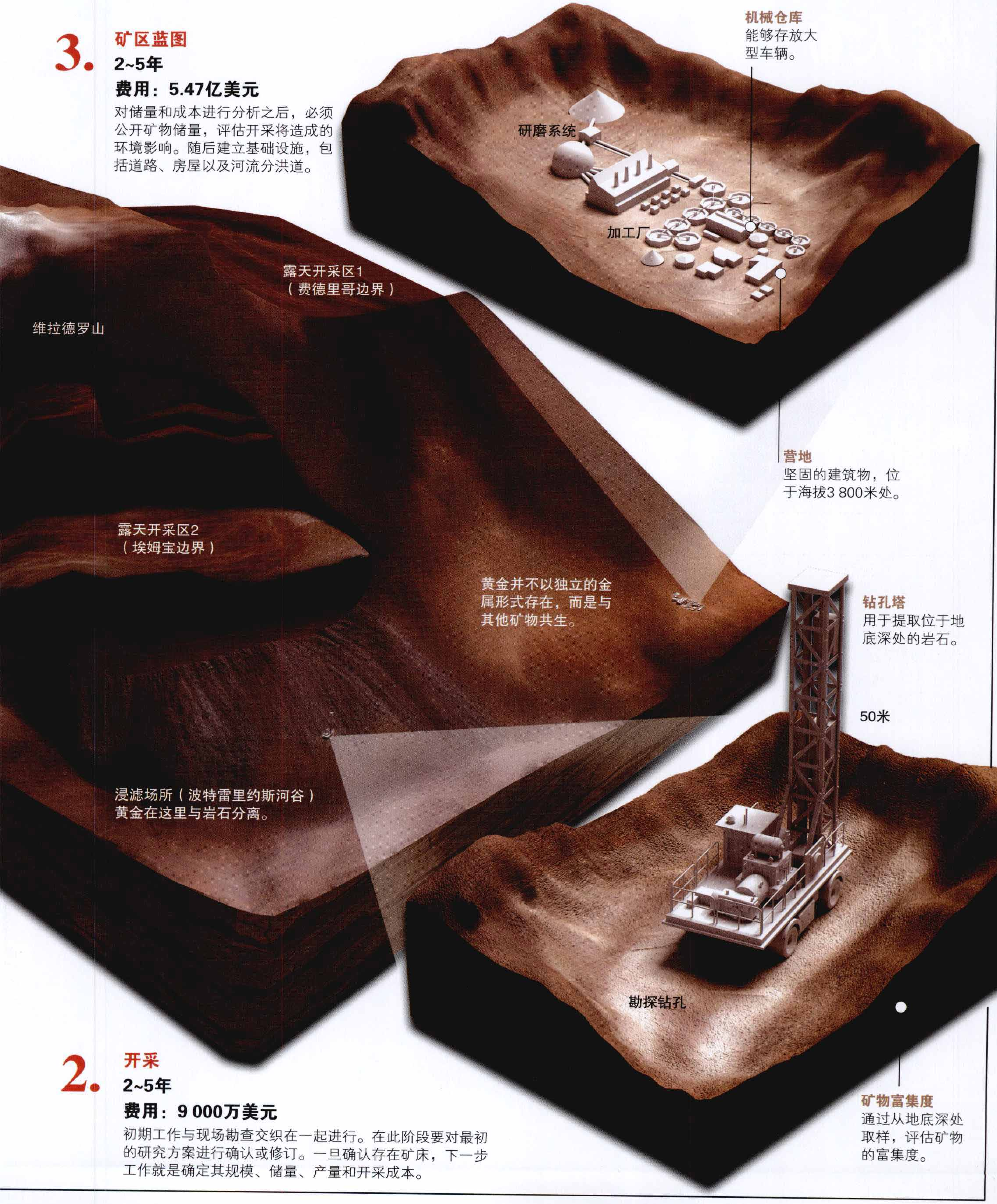
1994年开始勘探。在勘探阶段，对可能存在矿床的广阔区域都进行了分析。分析地表岩石时，必须进行绘图作业，进行研究和制作卫星图像，并进行现场考察。

3. 矿区蓝图

2~5年

费用：5.47亿美元

对储量和成本进行分析之后，必须公开矿物储量，评估开采将造成的环境影响。随后建立基础设施，包括道路、房屋以及河流分洪道。



2. 开采

2~5年

费用：9 000万美元

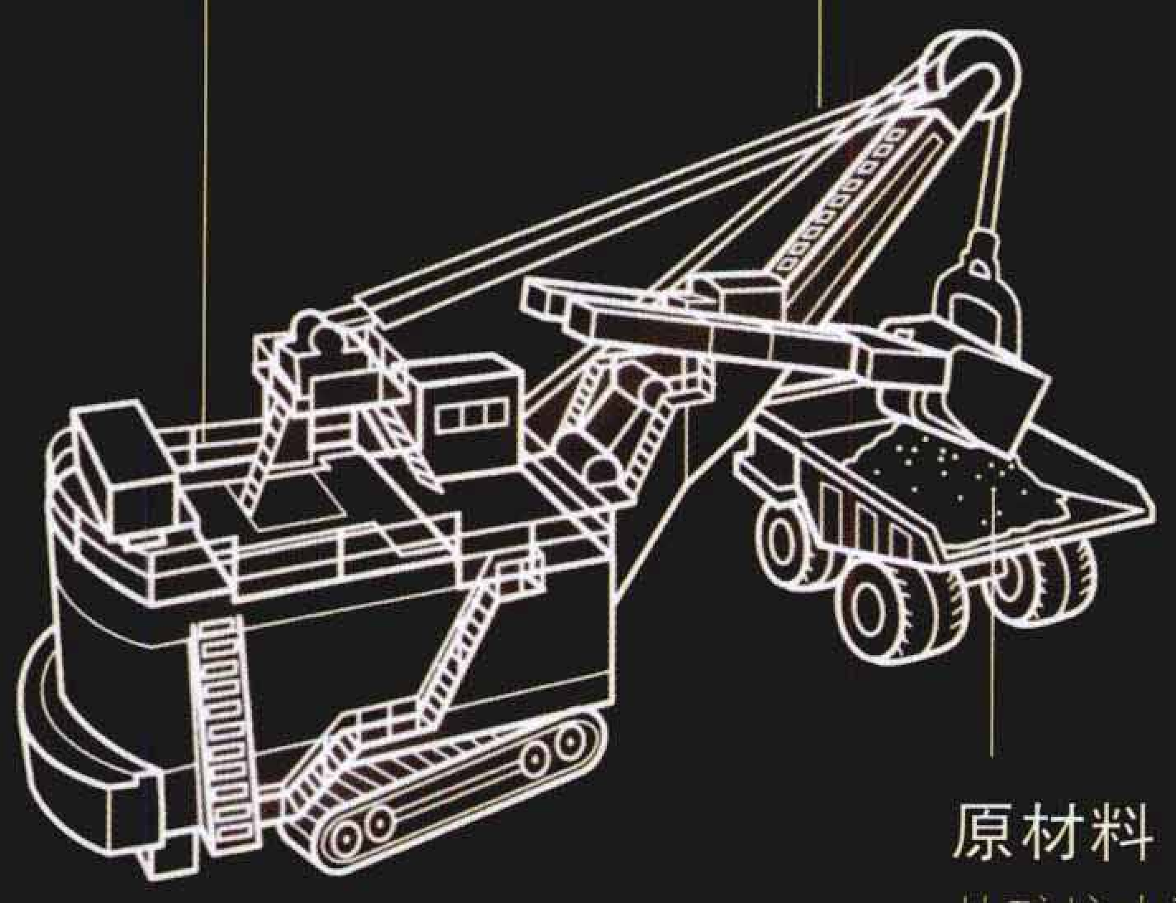
初期工作与现场勘查交织在一起进行。在此阶段要对最初的研究方案进行确认或修订。一旦确认存在矿床，下一步工作就是确定其规模、储量、产量和开采成本。

露天矿

矿的种类有许多种，有些矿位于地底深处，有些则位于地表。地处美国犹他州宾厄姆峡谷的铜矿，不仅是最重要的露天矿之一，也是世界上最大的挖掘区之一。它的规模十分巨大，甚至从太空中都可以看到。该矿自1903年开始运营，采用类似农业中的梯田的方式进行开采。至今，该矿的开采活动从未停止过，包括周末和节假日。在该矿的开采过程中，对铜的提取过程不但使用了非常巨大的机械，而且使用了湿法冶金化学工艺，即“浸滤”或“浸析”。由于采用了此项技术，可以从每千克含0.56克铜精矿的原材料中提取到纯度高达99.9%的铜。

金属是如何被提取出来的

成千上万千克的炸药、房子般大小的卡车和挖掘机、巨大的研磨机等，有了这些工具和设备，就能将坚硬的岩石化为粉尘。进入提取工序时，岩石的温度将被升高至2 500℃。这座地球上最大的露天矿之一就是通过这些方式提取出了铜。从该矿的工作面上开挖出的原材料中含有氧化的铜矿物。将这些氧化的铜矿物送到研磨机，粉碎成直径为4厘米的岩石碎片。然后将这些岩石碎块堆放一起，用水和硫酸溶液进行处理，此过程称为“浸滤”或“浸析”。“浸滤”是一种湿法冶金处理工艺，能够获取氧化矿物中的铜。处理过的材料则进入含铜氧化物的硫酸盐化过程。



原材料

从矿坑中取得的材料被送到移动式研磨机上。

1 材料是如何取得的

此过程开始于对岩石的钻孔与爆破。将岩石用大型挖掘机装到卡车上，从矿坑中运走。然后，将岩石卸到移动式研磨机上。研磨过的岩石通过传送带运出矿区，然后用水和硫酸的混合溶液进行喷淋。

原材料中的铜富集度为

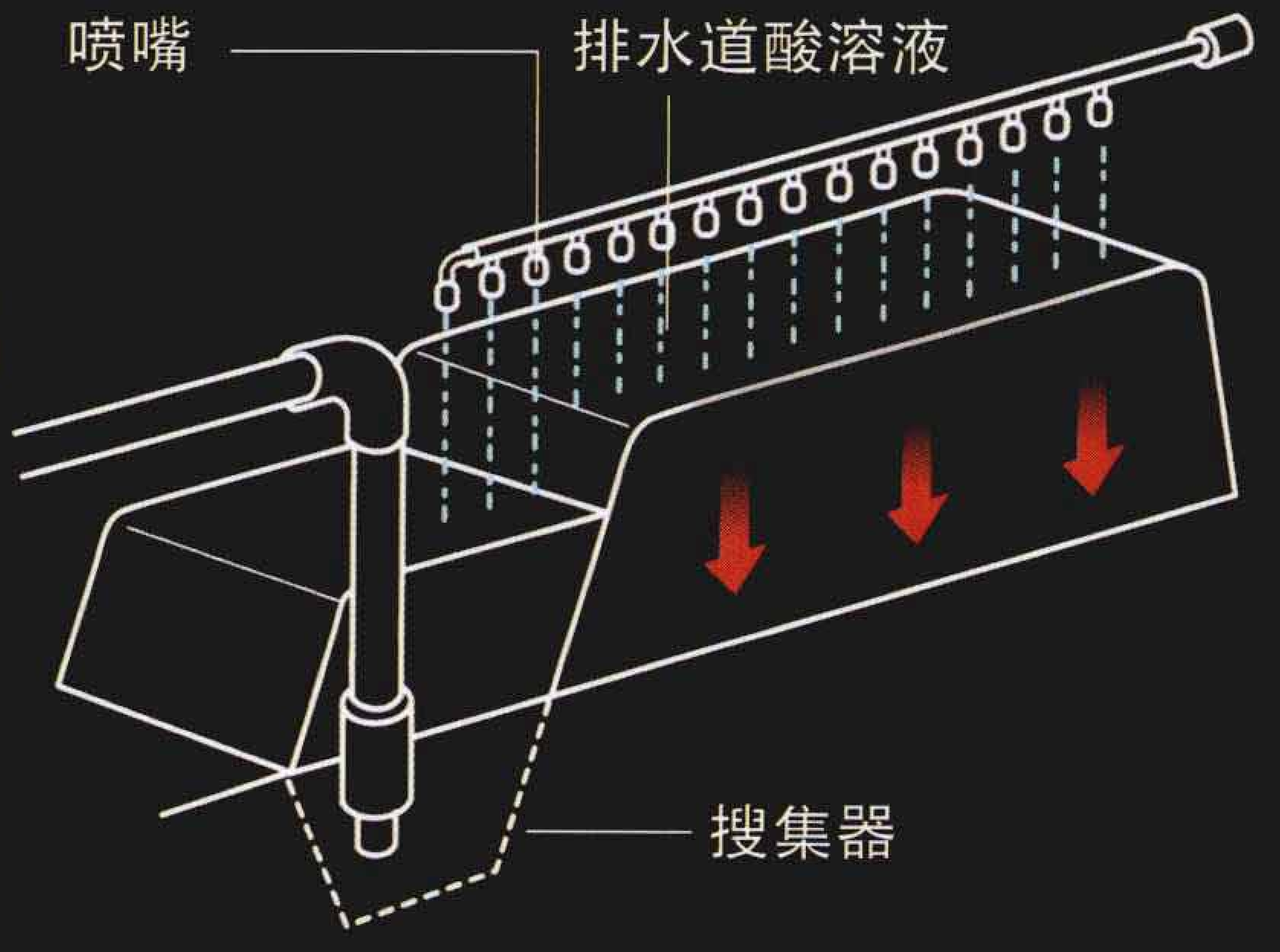
0.56%。

2 料堆的安置

通过传送带输送，材料会被带到一个地方形成浸滤堆。在此浸滤堆的顶部装有一个滴灌系统，系统的喷嘴能够覆盖全部裸露区域。这些材料要在此处存放45天。

浸滤过程结束时，液体中铜的含量为

45克/升。



浸滤

这是一种湿法冶金工艺，利用硫酸和水的溶液从氧化的矿物中获取铜。氧化的矿物易于与酸溶液发生反应。

宾厄姆峡谷

美国

纬度：北纬40° 32′

经度：西经112° 9′

矿坑直径：	4千米
矿坑深度：	700米
开始年：	1903年
关闭年：	2013年
雇员人数：	1 700人

水池

水池是地下水层，在矿的底部形成，属于地下水位以下最近的含水层。由于矿藏中含有铜盐，水池带有特殊的颜色。

梯田状地表

因为以螺旋形台地形式开挖，该矿呈阶梯状。各种机器可以在台地上方便地运行，采集提取的材料。

道路

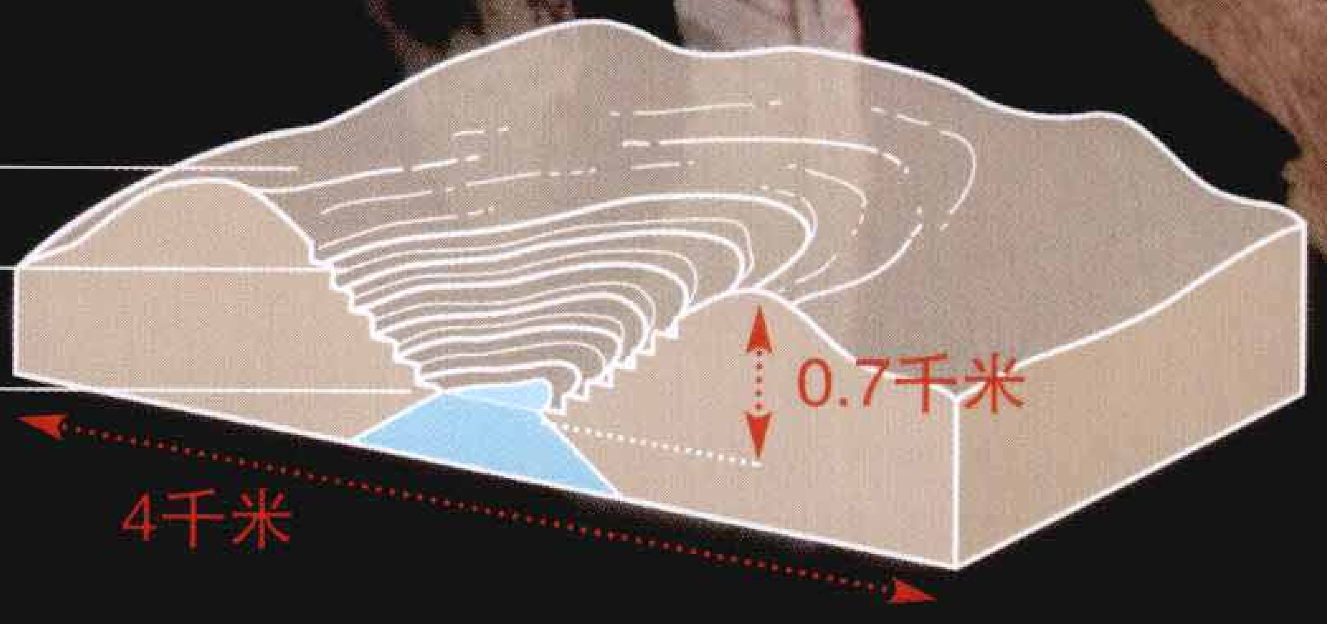
道路建设良好，可承受能够装载多达50立方米岩石的车辆。

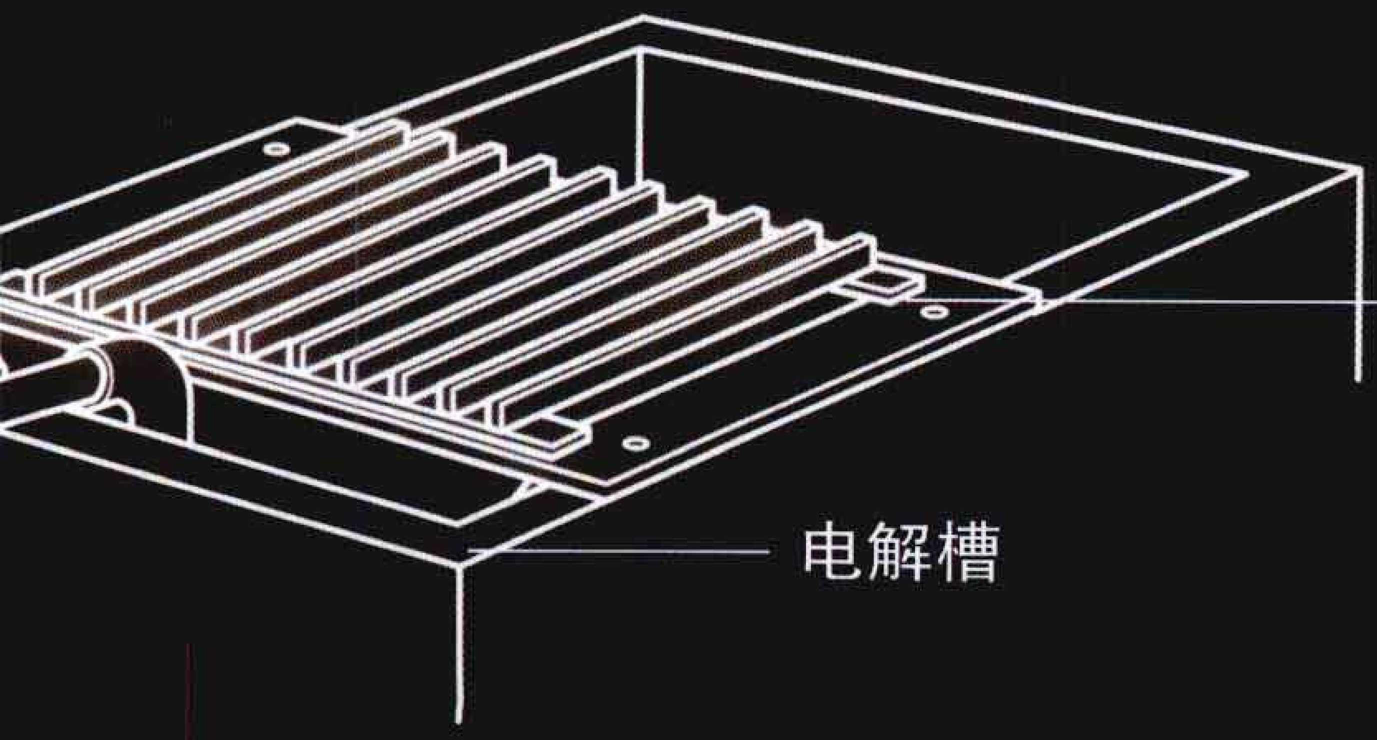
3 铜的回收

产生的铜溶液通过导管进行搜集，然后进入电解精炼工艺流程。在此过程中，电流在溶液中悬浮的两块铜板之间通过。溶液中的铜经过电解分离后，黏附到这两块铜板上。

铜的纯净为

99.9%。





该矿的形成

表面矿体形成了大型梯田式矿坑，这些矿坑变得越来越深、越来越宽。从上面看，可以看到一个巨大的螺旋形空穴。对提取高纯度物质来说，这是一种相对经济和简单的开采方法。

金光夺目

19世纪中叶，在美国加利福尼亚州的萨克拉门托河发现了黄金，引发了当时最大的移民潮之一。美洲、亚洲的淘金者蜂拥而至，但是几乎没人能实现暴富的梦想。年复一年，淘金工作需要投入越来越多的时间和设备，最终，设备供应商们获得了最大的利润。黄金是当时人们定居加利福尼亚州的关键原因，高峰时期，移民挤满了加州的社会和市政服务局，每天都要为安置这些移民新建设30座房屋。现在加利福尼亚已经成为美国最富有的州。●

1 **1848年**
1月24日早晨，詹姆斯・马歇尔在为他的雇主约翰・萨特建设锯木厂时，在萨克拉门托河的河岸上发现了黄金。这一发现彻底改写了加利福尼亚的历史。

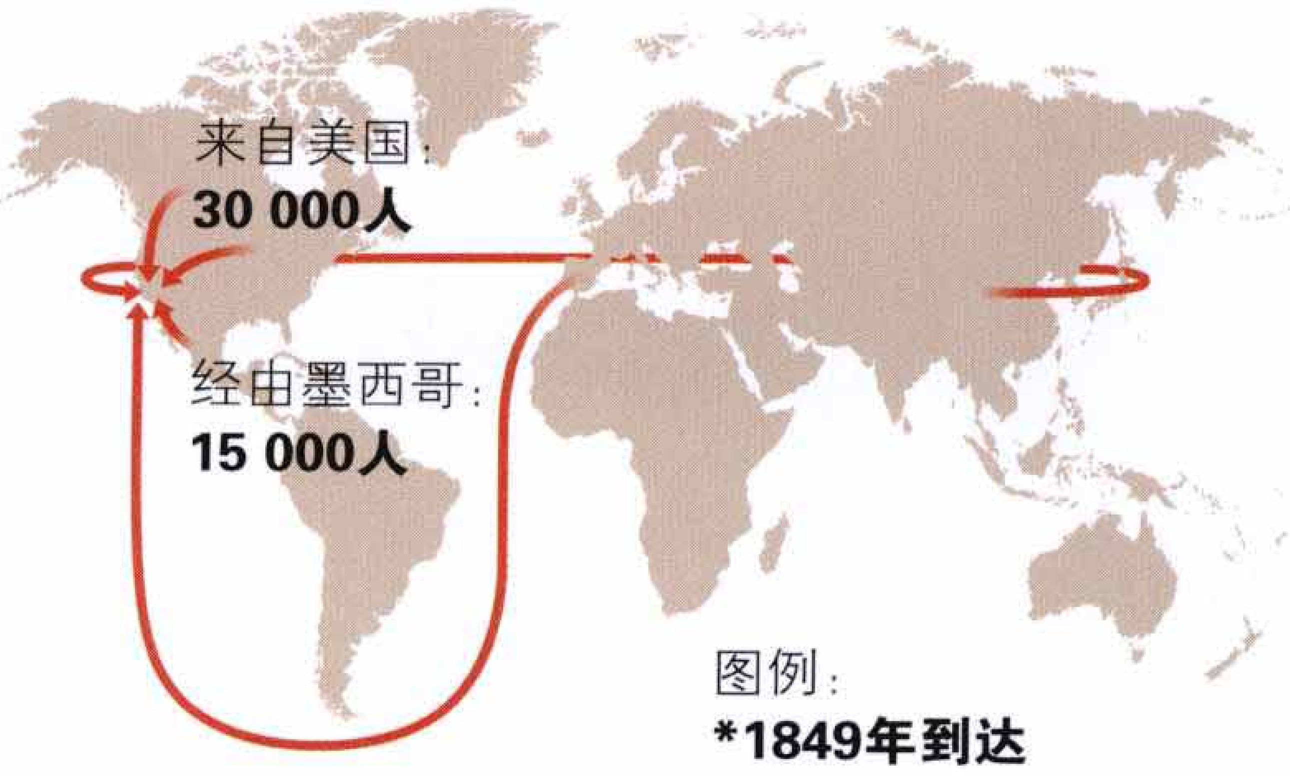
16美元

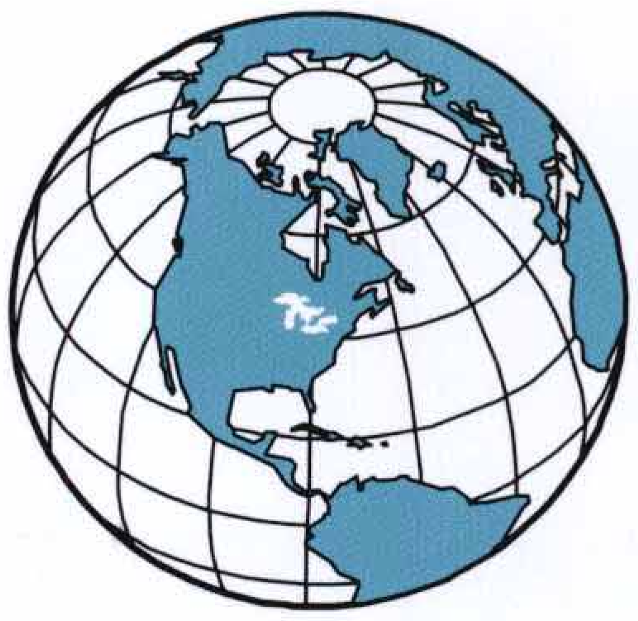
当时一块地价格为16美元；18个月之后，一块地的价格暴涨至45 000美元。

2 **1850年**
加利福尼亚成为联邦的第三十一个州。因为大量移民的涌入可能会降低工人的薪水，奴隶制被废除了。不过，该州认可《逃亡奴隶法案》。根据此项法案，进入加利福尼亚的每个逃奴都必须被遣返给其主人。

移民潮

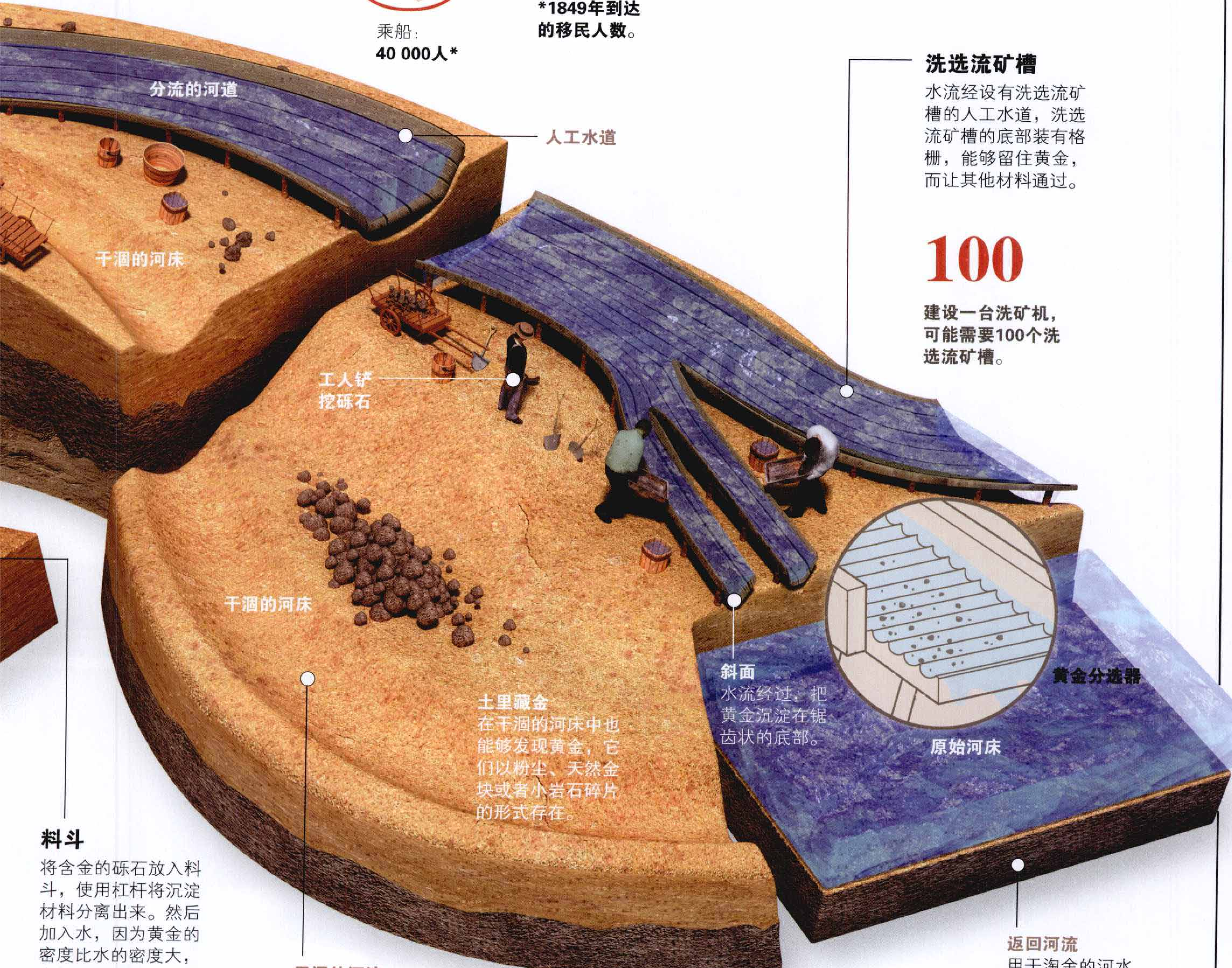
1848年，美国加利福尼亚州人口为14 000人。4年内，淘金潮到达顶峰，人口达到223 856人。





美国

加利福尼亚州萨克拉门托河



洗选流矿槽

水流经设有洗选流矿槽的人工水道，洗选流矿槽的底部装有格栅，能够留住黄金，而让其他材料通过。

100

建设一台洗矿机，可能需要100个洗选流矿槽。

料斗

将含金的砾石放入料斗，使用杠杆将沉淀材料分离出来。然后加入水，因为黄金的密度比水的密度大，水把粉尘冲走，而把黄金留在格栅处。

干涸的河流

1853年，投资300万美元用于改变尤巴河的河道，尤巴河汇入萨克拉门托河。尤巴河新河道中的水可以用于淘金。

返回河流

用于淘金的河水使用完毕后，仍将其引流回到原河流中。

10年间，共交易了价值

5亿美元

的黄金。

3 **1852年**

地表的黄金枯竭后，需要更为复杂的技术从地下提取黄金。使用喷水器的水力采矿法就是提取黄金的技术之一。这样，矿工就变成了雇员，不得不忍受着漫长的工作时间。

黑如煤炭

煤炭是“工业革命”中享有盛名的推动力。通过坑道或地下矿井，人们进入地球内部，开采地球的矿产宝藏。一些开采煤炭的矿井就是这种开采方式的典型案例。虽然这些煤矿的开采存在较高的成本和劳动风险，但是它们对环境的影响较小。●

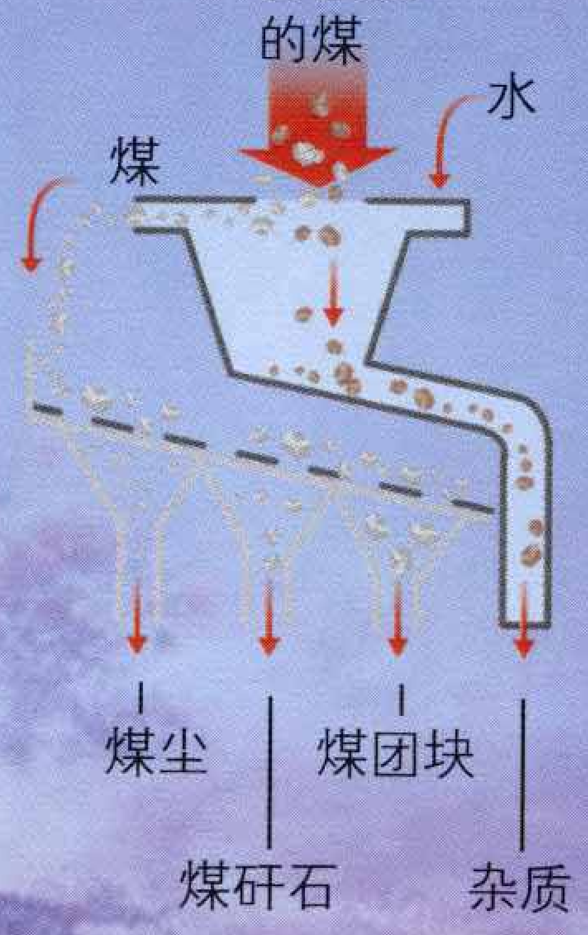
煤是如何开采出来的?

6. 配送

矿车将从矿井中挖出的煤运送到各个消耗点。

5. 洗煤和分类

出井后的煤与泥浆和岩石混杂在一起，所以必须对其进行冲洗，并按照质量和大小对其进行分类。



通过倾析的方法将煤从其他物质中分离出来。

60%

的开采在地下进行。

煤炭的主要开采国

2003年（单位：百万吨）

中国	1635
美国	1070
印度	503
俄罗斯	294
南非	264

煤炭的主要消费国

2003年（单位：百万吨）

中国	1531
美国	1090
印度	430
德国	273
南非	264

4. 提升
通过主井，将煤送到提升机，再由提升机将煤运到地面。
污浊空气出口
辅助井
矿工交通
巷道内的交通
矿工步行或乘矿车到达煤层。
巷道
用于矿井内交通的隧道。
3. 运输
开掘出的煤炭被送到输送带上，输送带将煤炭送到主井，再通过主井送到地面。
主井
(直径5~7米)
2. 抽提
抽提是连续性开采中广泛采用的方法，通过机器利用机械能抽提煤炭。
1.52千米
各矿井可以达到的深度。
运动臂
煤层
1. 打孔
打造垂直的坑道，从而进入矿脉进行开采。
输送带
煤炭钻孔机的开掘能力为
1.8吨/小时。
煤炭提升机

黑 金

石油是一种不可再生能源，因其作为能源的重要经济价值，被称为“黑金”。寻找石油需要耗费大量的资金，并需要经过多年的调研和勘探，而且这还并不能保证一定能找到石油。一旦发现油田，石油的开采则需要各种昂贵的设备，包括从油泵到用于把石油转化为多种衍生产品的精炼设备。石油贸易是全球利润最丰厚的业务之一，石油的价格变化会影响到国民经济，引起诸多国家的警觉。●

石油是如何获得的

1. 找矿
使用各种间接方法来查看是否存在碳氢化合物。不过，获得的信息并不是完全准确的。

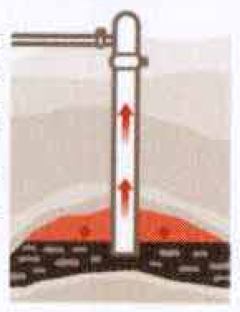
2. 勘测
一旦侦测到矿藏，就可以进行地层钻探，以验证石油储量是否具有经济潜力。

3. 抽取
如果钻井产量高，则拆除钻塔，安装抽取系统。

泵送石油的自然方法

驱动力是溶解在石油矿藏中的气体。

积聚在矿藏中的气体将石油向外压出。



然后，因为水的注入，水在石油下面聚积，把石油向上推出。

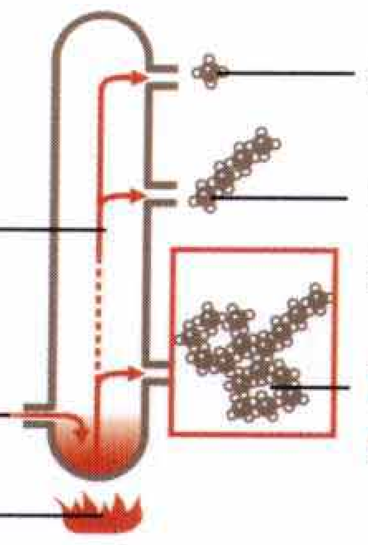
4. 运输

油轮将原油运到炼油厂，在炼油厂提炼出各种衍生产品。

5. 精炼

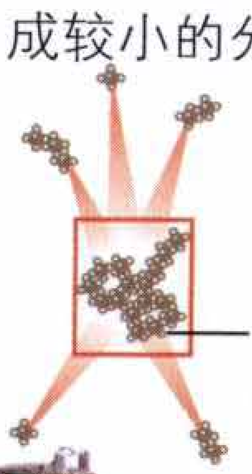
利用不同成分沸点不同的性质，将原油的各种成分分离出来。精炼主要通过分馏和裂解两种工艺流程进行。

分馏

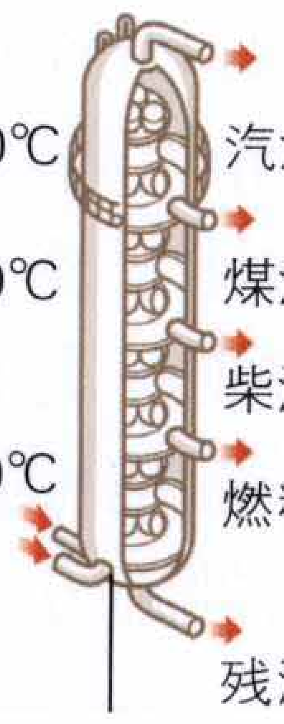


裂解

打破大分子，生成较小的分子。



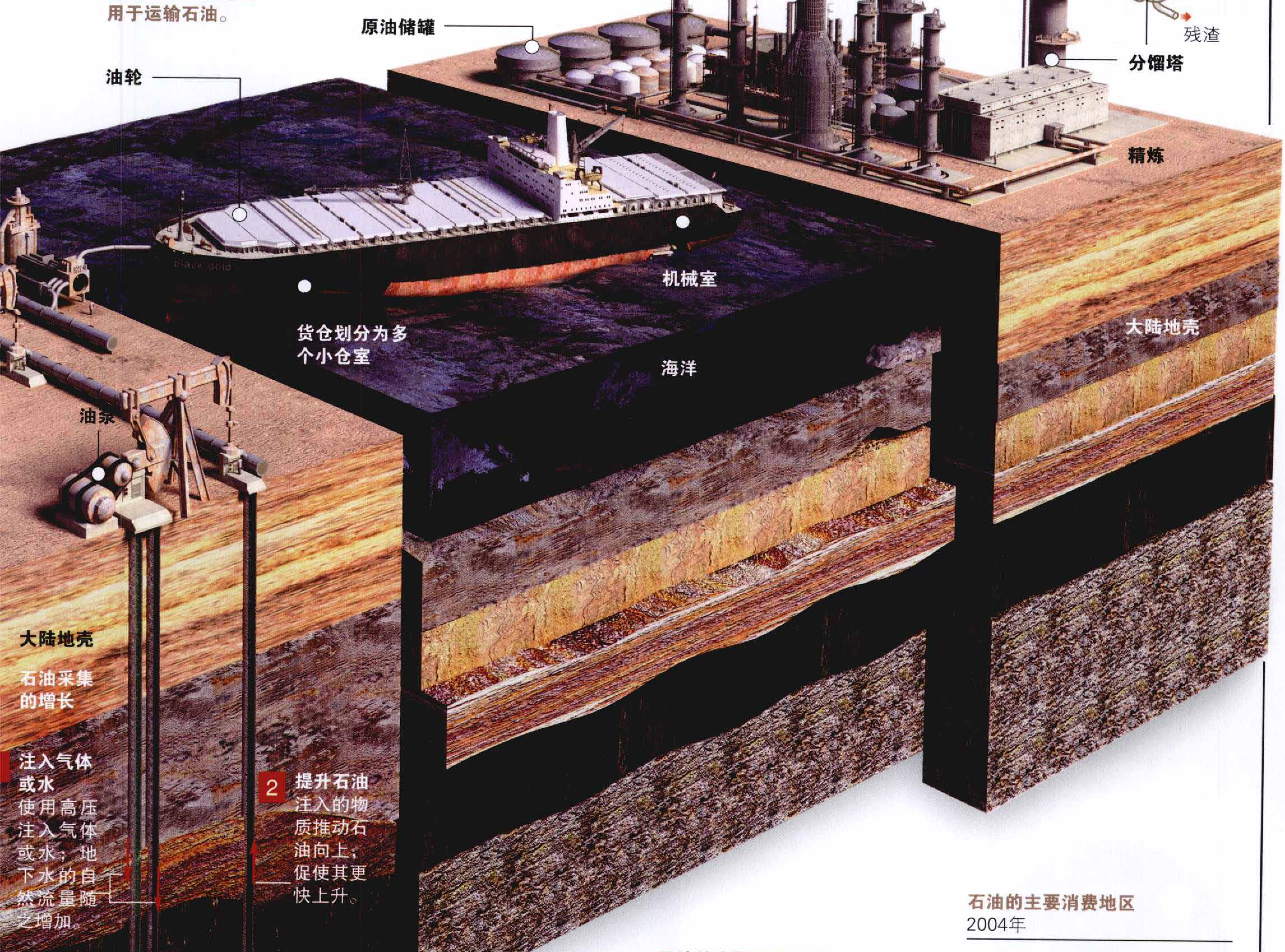
分馏产品



截至2005年1月

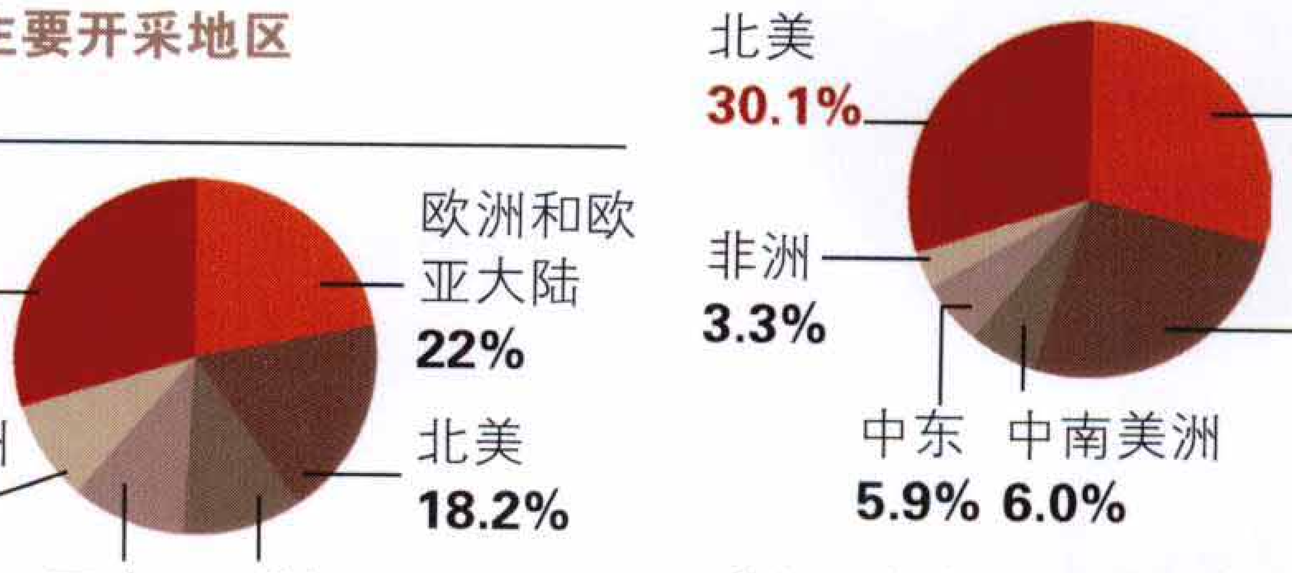
全球25%

的商船，
共计11 356艘油轮
用于运输石油。



77%

的石油是从地下抽取出来的。



过去10年中，北美和亚太地区的石油消耗增长量占全球的90%。

放射性物质

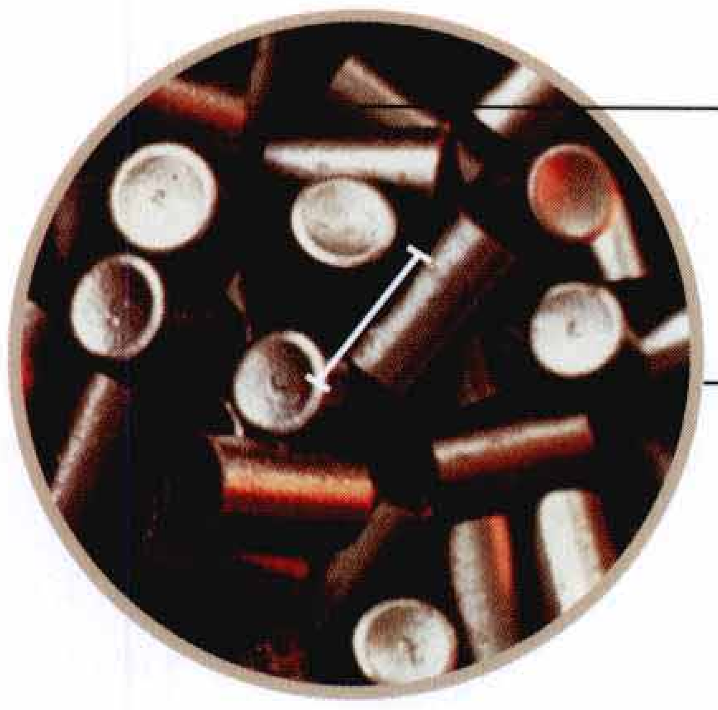
20世纪40年代，铀和钚被首次使用，不过主要被用于军事目的。第二次世界大战结束后，核反应堆和核燃料开始被用作能量来源。为处理这些物质必须建立核工厂。因为利用核能的风险非常高，核工厂的建立必须遵循许多安全规则。类似于切尔诺贝利核泄漏事件的事故，以及更近些的日本东海村核事故，都是核能失控造成的典型案例。下述图片描述了核反应堆的结构与堆芯和铀的处理方法，以及如何和平地使用核能。●

压力容器

核反应堆被安置在一个钢铁制作的容器内，容器厚度大约为0.5米。核燃料被封装在一个由锆合金制作的壳体中，被放在此容器内部的中空地区。这种设计有助于满足核安全方面的首要目标：防止放射性产品泄露到周围环境中。

铀处理

铀235是已知的唯一一种自然状态下的同位素，很容易发生裂变。因为这个原因，铀235是核电厂使用的主要燃料。虽然在地壳中很少发现铀235，但常能在河床上富集的沉积物中发现此种物质。



每组中有

264

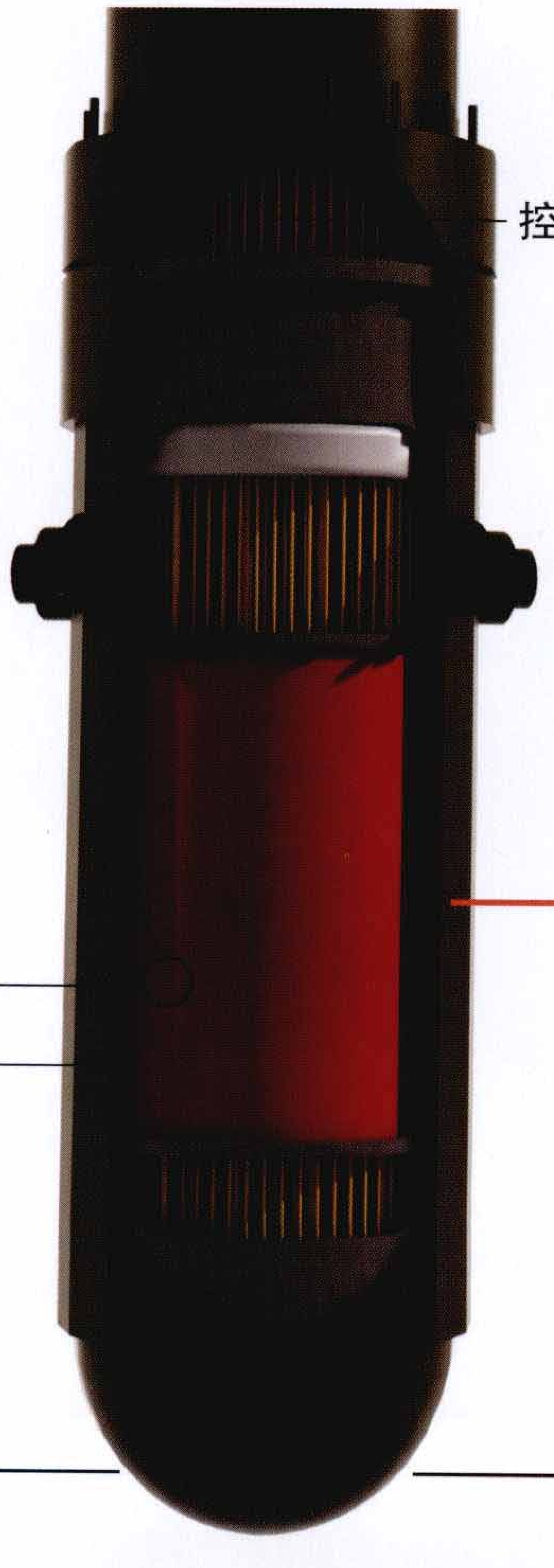
根燃料棒。

反应器的核心

反应器的核心位于此安全容器的下部，那里大约有200组燃料室，燃料室的直径为1厘米，高度为4米。

水团的温度为

300℃。



反应堆建筑

这种特殊的建筑物由混凝土和钢筋建成，高64米，宽45米，安放和保护着反应堆的各个部件。建筑物内还有上述的压力容器、四台蒸汽发生器、一台泵（用于堆芯周围的冷却水循环）和一台压缩机（保持水压）。

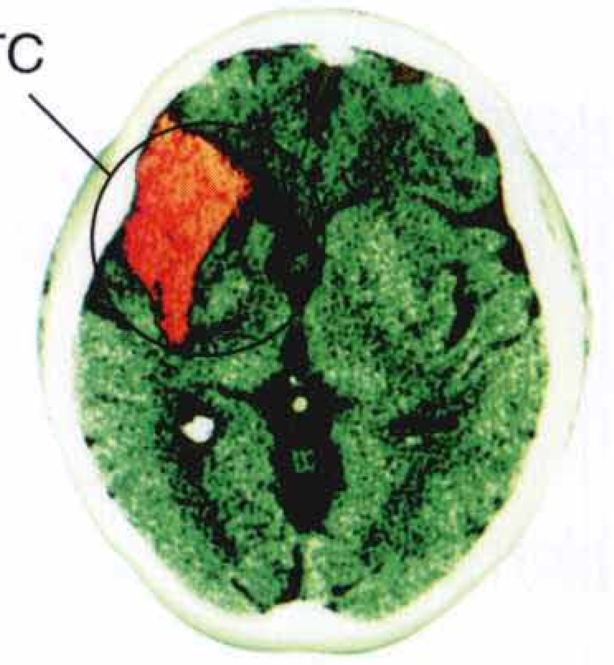
碳14测量法

碳14测量法是一种利用放射性同位素指数衰变法则测定有机物化石标本的方法。一种活着的有机体在其死亡5 730年后，其尸体中碳14的含量将减少一半。因此，测量出有机物中碳14的残余量，就能计算出其潜在含量，并由此推算出该有机物的死亡时间。

50 000年

铀在医学中的应用

应用核能有助于疾病（如癌症）的诊断和治疗。在临床方面，核能可以在症状恶化前很长时间就检测到各种变异，便于进行更早更有效的治疗。



使用正电子放射体层摄影，进行甲状腺闪烁照相。

安全防护服

在处理放射性物质（如耗尽的燃料棒）时，因为存在高辐射，工作人员必须穿着特制防护服。

术 语

白云岩

碳酸沉积岩，至少含50%的碳酸盐，碳酸沉积岩中至少一半以白云岩的形态存在。

板岩

蓝黑色、细颗粒的变质岩，很容易分解成岩片。

宝石

因美丽和稀有而珍贵的矿物或其他天然材料，可以对其进行抛光并切割制成珠宝。

背斜

沉积地层褶皱向上滑动，像一个拱形。

变质岩

岩石的一种，通过对火成岩和沉积岩施加高压、高温而形成。

冰川

在山脉或大块陆地上，再结晶和压缩的冰雪通过堆积作用，形成大面积的冰块。冰川移动缓慢，移动过程中侵蚀岩石，并带走岩屑。

不透水岩

通过这种岩石时，液体不能得到过滤。

布拉菲晶格

根据某些数学原理建立的三维晶体系统，代表了14种晶体单元。

沉积物

岩石碎片或动植物遗体通过水、风或冰的作用，在河流、湖泊或海洋底部沉积。

沉积岩

当沉积物受到物理和化学作用时，被压缩而变得致密，这些沉积物的累积形成沉积岩。沉积物可以在河岸、悬崖底部、山谷、湖泊和海洋中形成。沉积岩以连续层或地层的形式累积。

出露层

从地表突出出来的缺少植被或土壤的岩层部分。

磁性

一些物质能够让其被磁体吸引，并能改变罗盘指针方向的属性。

大理石

一种变质的石灰岩，由压缩的方解石和白云石构成，可进行抛光处理。

代

地球历史中的时间划分，地质学家将代划分为纪。

弹性

矿物受到弯曲或扭曲后恢复其形状的趋势。

地壳

地球的外层，分为两种类型：大陆地壳构成陆地主体；海洋地壳构成海洋的底部。

地幔

地壳和外地核之间的地层，包括上地幔和下地幔。

地震

地球内部能量和震动的突发性剧烈释放，通常沿地壳构造板块的边缘发生。

地震波

地震发生后，穿越地球的弹性波。地震波也可以通过爆炸等人工途径产生。

地质构造板块

在岩流圈上移动的岩石圈各坚硬板块。

地质学

研究地球、地球形状和成分的学科，探究各种岩石、矿物和化石提供的信息，帮助我们重构地球的历史。

洞穴

通过水对可溶性地面（通常为石灰质）的化学作用形成的地下孔洞。

断层

一个岩石层相对于另一个岩石层错位而形成的断裂。

断口

矿物沿不规则表面断裂，可能呈贝壳状、钩状、平滑或泥土状。

对称轴

能够让晶体各面重复以形成不同形状的对称轴。

对流流

由来自地核的热量进行传递而形成的地幔内部物质运动的路径。地幔的最热区域上升，最冷区域下沉。这些运动可能是造成地壳板块运动的原因。

非结晶质

带有断裂表面而不是晶体表面的矿物，是一种非晶体。

非晶质

稳定矿物的可能晶形之一，指某些矿物晶质相互缠绕，以形成固块，而不形成独立晶体的趋势。

分子

单个原子或由化学键组合在一起的多个原子的聚合。

风化

在空气中由于持续的物理或化学作用，使物质产生分解的过程。

构造抬升

由地质构造板块运动产生的岩石抬升。

固结

矿物质硬块，内部常含有化石。

光泽

指晶体表面的光反射程度。

硅酸盐

地球地壳的95%以上由硅酸盐构成，硅酸盐呈四面体结构，1个硅离子结合4个氧离子，通过离子的结合，产生不同类型的形态。根据其成分，此类矿物元素分为浅色和深色。

硅藻土

是一种轻型、多孔的岩石，色浅、致密，全部（或几乎全部）由硅藻构成。

海沟

地壳构造板块中的大洋地壳在另一板块下面运动时形成的狭窄和幽深的海底洼地。

花岗岩

一种侵入性火成岩，主要由石英和长石构成，可以抛光，并用于装饰。

化合物

由一种以上元素组成的物质。

化石

任何一种古老生命形式的痕迹，它可能是生物体的石化遗体，或者是生物体遗留在岩石中的映像。

化石燃料

是一种由死亡生物体不完全分解的遗体形成的燃料。将这些有机化合物的混合物从下层土壤中提取出来，目的是通过将其燃烧产生能量。化石燃料包括煤炭、石油和天然气。

化学元素

仅含有一种原子的物质。

火成岩

由岩浆冷却直接形成的岩石。如果岩浆在地壳内部固化，则称为火成岩（或侵入岩）；如果在地表固化，则称为火山岩（或喷出岩）。

火山露头

在火山其余部分由于侵蚀作用而消失后，仍然孤单存在的坚硬的岩浆岩堆。

基岩

大片的侵入性火成岩（表面超过100平方千米）。

碱

含有大量钾、钠、锂、铷和钙的矿物。

胶结

经过胶结过程，沉淀物不但会失去孔隙，还会通过物质在颗粒间空间的化学沉淀而得到岩化。

胶结区

指发生岩化的地区。水渗入这一地区，充满沉淀物颗粒间的空隙，并将松散的沉淀物转化为坚固的团块。

接触变质作用

指一种岩石大规模地转化为另一种类型的岩石，这主要是温度突然升高产生的结果。

金伯利岩

岩石的一种，通常与金刚石及其他来自地球深处的矿物伴生。

金属

指任何具光泽、导电并具有延展性的元素。

晶洞

球形岩石空穴，覆盖有形成良好形状的晶体。

晶体

其原子呈有组织的、规则的、周期性重复排列的物质。

晶系

晶系包括与同一套对称元素相关的各种晶体。

晶形

晶体的外表，能够反映晶体的主要形状。

喀斯特周期

岩溶洞穴的形成周期，总共持续大约100万年。

可塑性

矿物的一种机械属性，通过反复敲打，矿物可以被塑造成薄片而不断裂。

克拉

珠宝的重量单位，相当于0.2克，随时间地点不同，会有所变化。

矿藏

岩石和矿物的一种自然沉积。如矿藏位于形成地，则称为原生矿，不然则称为次生矿。

矿藏

与周边岩石具有明显界限的矿石储存。

矿脉

中间填满某种矿物穿越岩层而过的缝隙。

矿物

天然的无机物固体，具有有序的原子结构。

矿物粉色

当矿物与未上釉的瓷盘摩擦时，产生的细矿粉的特征性颜色。

矿物粉色测试

一种测试，将矿物与未上釉的白色瓷板摩擦，以获得矿粉。遗留在瓷板上的颜色能够帮助识别矿物。

裂缝

由于张力引起的岩石中的裂痕或孔洞，可能被矿物完全或部分填充。

裂口（或裂缝）

地壳在不同构造板块的边缘扩张，形成的较宽的山谷。

煤炭

来源于有机物的可燃性黑色岩石，通过蓄积在沼泽或浅海里的植物分解而产生。

密度

指一种矿物每单位体积的质量。

莫氏硬度表

一种工具表，通过将给定矿物与10种从最软到最硬的已知矿物相比较，测试给定矿物的硬度。每种矿物能够被排列其后的矿物划出划痕。

侵入

当岩浆渗透地层、冷却并固化时，将在地下空隙地区形成大量岩石的过程。

侵蚀

通过水、冰和风的运动，将沉淀物进行迁移和搬运的过程。

丘

山坡陡峭和顶部平坦的小山，出现在发生过严重侵蚀的地区。

区域性变质

大面积的岩石变质作用。

热点

地壳构造板块内部形成活火山的地方。

热电物质

某些非导体矿物的属性，温度差异会使其产生输电差异。

热液作用

通过岩浆体伴生热液（水和各种气体）的运动，使岩石或矿物经受的物理和化学变化过程。

韧性

矿物针对断裂、变形、挤压、弯曲或粉碎的强度级别。

溶液

两种或以上物质的混合物，可以是液态、固态或气态。

熔岩

岩浆在地表喷出的形态。

柔韧性

矿物经弯曲而不易断裂的能力。

软流圈

位于地球内部，岩石圈之下，是上地幔的组成部分，由易于变形的岩石构成。

砂积矿床

随着从几十年到上百万年的时间流逝，矿物逐渐沉积成砂积矿床。

石化作用

周围溶液中所含矿物对有机物（如骨头或树木）的细胞进行逐个替代的过程。

石灰石

一种岩石，至少含50%的方解石，还可能含有白云石、文石和蓝石英。

石笋

岩洞的内部结构，呈锥形，从岩洞地面上生长起来。

石英岩

石英岩是一种变质岩，通过石英砂岩固结形成，非常坚硬。它也可能是石英含量非常高的砂岩沉积岩，非常坚硬，颜色较浅。

透明性

当光穿过矿物而不变弱，则认为该矿物是透明的。当只有部分光能穿过矿物时，则认为该矿物是半透明的。如果光不能穿过矿物，则认为该矿物是不透明的。

细菌

存在于空气、水、植物、动物以及地壳上的微小的单细胞生命形式。

峡谷

河流冲积侵蚀形成的幽深、狭窄的山谷。

向斜

沉积岩层的凹形褶皱。较年轻的岩石分布于凹陷处的中心。

压电效应

某些矿物具有的属性，当受到压力、拉力或扭力时，这些矿物会产生电位差。

岩浆

来自地壳和上地幔的液态的、炎热的岩石物质，冷却时形成各种晶体。岩浆在地表喷出时则称为熔岩。

岩浆岩

由岩浆冷却固化形成的岩石。岩浆侵入岩在地下固化，而岩浆喷出岩则在地表固化。

岩石

构成一个独立地质单元的一种或多种矿物的天然粒料（有时包括非晶体物质）。

岩石圈

地球外部坚硬的一层，由地壳和上地幔构成。

岩屑坡

岩石经机械性风化作用形成的碎片的累积。岩石碎片通过重力作用被运送出一小段距离，或多或少地在原处形成沉积。

氧化带

通过大气作用和风化作用而形成的有氧化属性的矿藏。

页状剥落

某些矿物沿着其晶体结构内部规则平面断裂的趋势。

荧光性

一些矿物的属性，当用紫外光照射时，能够让矿物发出某种强度的光。金属的荧光性能够让金属看起来好像真的发出荧光。

硬度

指矿物对划刻和摩擦的抵抗能力。如果一种矿物能在另一种矿物上划出划痕，则认为前种矿物比后种矿物硬度高。

玉

它是一种白色或绿色的变质岩，通过非常细的针状体透闪石压缩和持续过滤而形成，是一种稀有岩石，常用于艺术作品。

原子

构成物质的最小单位。

黏土

一些岩石经化学分解后形成的细颗粒沉淀物，它们在湿润时可以延展，干燥时会硬化。

褶皱

由于地壳构造板块运动引起挤压，造成岩石层的弯曲和变形。

蒸发

指液体不经沸腾就会变成气体的过程。

钟乳石

岩洞的内部结构，呈锥形，悬挂在岩洞的顶部。

装饰石

它们不是宝石，但是可用于制作珠宝或其他装饰目的。

自然元素

自然界中形成的，不与其他元素混合的元素。硫黄和黄金都是天然元素的例子。

索 引

A

阿巴拉契亚山脉，岩组，9
阿尔卑斯山脉，岩组，10
阿根廷，维拉德罗矿，80~81
埃迪卡拉动物群，8
埃尔卡皮坦峭壁（美国约塞米蒂国家公园），44
埃及圣像图，75
埃塞俄比亚
  博勒纳人，27
  达罗尔火山，18~19，26~27
  火山岩洞穴居所，4~5
艾尔斯岩（澳大利亚）：见“乌卢鲁卡塔茱达国家公园”
安第斯山脉，岩组，11
安全措施，放射性物质，90~91
氨，共价键，28
奥古斯特・布拉菲，30
奥陶纪，9
澳大利亚乌卢鲁卡塔茱达国家公园，58~59

B

巴塔哥尼亚高原，岩组，11
白垩，68
白垩纪，10
白令海峡，现代人类的祖先，11
白铁矿，结晶晶系，21
白钨矿，31
白云石，66
斑岩，65
板岩，39，72
半宝石
  颜色，33
  另请参见“宝石”
半金属矿物，20
半圆丘（美国约塞米蒂国家公园），45
薄层土（土壤类型），56
宝石，18~19，32~33
  另请参见具体宝石类型，如“钻石”
鲍文反应序列，43
北爱尔兰，巨人堤，65
贝壳灰岩，66
被子植物，10
铋，20
变色矿物，石英的颜色，22
变质岩，12
  分类，72
  岩石周期，57
变质作用，12，54~55
宾厄姆峡谷（美国犹他州），82~83
冰川，44，47，56
  第四纪，11
  前寒武纪，8
冰斗，47
冰碛，47
波罗的海，乌拉尔山脉岩组，9
玻璃，原子模型，29
博勒纳人，27
哺乳动物，新生代，10~11
布拉菲晶格，30

C

采矿
  黄金，80~81，84~85
  类型，82
  露天矿，82~83
  煤炭，76~77，86~87
  水力采矿法，85
  铜，82~83
  银，80~81
长石，17
长石砂岩，69
超大陆，8，9
沉积，15，48
沉积物
  风搬运，47
  水搬运，48~49
  土壤的形成，56
沉积岩
  海洋有机物遗体，66~67
  碎屑岩，68~69
  岩组，46~49，57
  另请参见“钟乳石”，“石笋”
赤铁矿，23
虫黄藻，珊瑚礁，67
初始水平状态原则，53
磁铁矿，38

D

达罗尔火山（埃塞俄比亚），18~19，26~27
大教堂岩（美国约塞米蒂国家公园），45
大理石，73
  颜色，63
大峡谷（美国），52~53，66
单斜晶系，30
单折射矿物，23
蛋白石，3
岛山，46
德国，伊克斯坦岩组，58
底土，57
地球
  分层，11
  历史，4~5，8~9
地球地核，9，11，42
地球地壳，8，11，42
地球地幔，11，42
地下水层，开采，83
地震，成因，13
地质过程：见“侵蚀”，“风化”
地质时间表，8~11
  岩石层，53
地质学，分支学科，16
第三纪，10~11
第四纪，11
电流，25
电气石，24~25
动力变质作用，54
  另请参见“变质作用”
洞穴，50~51
  澳大利亚原住民的壁画，59
  内弗辛克坑，40~41
  岩组，49

断层（岩石断裂），13，24，63

E

二叠纪，9

F

发光，23
钒铅矿，30
泛古陆（古大陆），9
方解石，66
　结晶晶系，21
　硬度，24
方铅矿，结构，21
放射性矿物，90~91
非硅酸盐矿物，38~39
非金属矿物，23，78
　光泽，23
　汽车零部件，79
非洲之星钻石，35
分馏，89
风
　搬运沉积物，47
　侵蚀，14
　沙漠，46
风蚀过程，14
风化，15
风化的机械过程，15
风蚀，地质过程，46
弗里德里克·莫氏，24
弗琳·沃尔什·麦克林，35
浮石，65
腐殖质，57
复合矿物，20

G

橄榄石，36
橄榄岩，64
冈瓦纳古陆，9
刚果岩洞（南非），51
刚玉，硬度，25
高岭石，36
高岭土，68
　另请参见“黏土”
更新世，11
共价键，28
古生代，9
古新世，10
光学性能（矿物），22~23
光泽，23
　珍珠，67
“光之山”钻石（科依诺尔钻石），34
硅，79
硅酸盐，结构，29，36~37

H

哈里·温斯顿，35
海岸漂移，49
海滨平原，49
海蚀台地，49
海滩，岩组，49
海崖，岩组，49
海洋
　海洋沉积物，66~67
　第一个大洋，8
寒武纪，9
寒武纪生物爆炸式发展，9
合金，39
河口，49
河流，沉淀物搬运，48~49
核反应堆，90~91
核能，90~91
褐煤，71
褐铁矿，38
黑板粉笔，68
黑曜岩，43，65
黑云母，37
亨利·艾尔斯，59
红宝石，颜色，32
花岗闪长岩，64
花岗岩，12，17，42，44，45，64
滑石，37
　硬度，24
化石
　寒武纪生物爆炸式发展，9
　时间测定法，53，91
　岩石层次，53
　演替，52，53
　原始人类，11
化学风化过程，15
化学元素，8，16，20
荒漠土，56
黄水晶，22
黄铁矿（愚人金）
　结晶晶系，21
　特征，39
黄铜矿，38
黄玉，31
　颜色，33
　硬度，25
辉长岩（岩石），64
火成碎屑物：见“火山灰”
火成岩（侵入岩），64~65
　形成，12，42~43
　岩石周期，57
火山
　达罗尔火山，18~19，26~27
　火山灰丘，43
　冒纳罗亚火山，12~13
　死火山口，43
　压缩的火山灰，68
　岩层，42，65
火山灰丘，43

J

基拉韦厄火山（美国夏威夷），12~13
急流，48
集群灭绝
　白垩纪，10
　二叠纪，9
加里东褶皱，9

加利福尼亚州（美国），淘金潮，84~85
甲状腺，闪烁照相法，91
渐新世，11
胶结（沉积岩），49，69
角砾岩，69
角闪石片岩，72
接触变质作用，55
另请参见“变质作用”
晶体学，28
晶状网络，分类，30
结晶系统，21
金
金属，20
开采，80~81
淘金热，84~85
金伯利矿，32
金属
光泽，23
汽车零部件，78~79
原生矿物，20
浸滤，82
晶洞，60，61
晶体
宝石，32
布拉菲晶格，30
晶体学，28
晶轴，31
内部内部网络，29
特征，30
岩组，63
原子模型，29
晶系，30~31
晶体学，28
晶轴，31
精炼，石油，89
菊石类动物，灭绝，10
巨人堤（北爱尔兰），65

K

开花植物时代，白垩纪，10
科克斯克鲁峡谷（美国亚利桑那州），6~7，14~15
颗粒（岩石），63
克尔白的黑石（麦加，沙特阿拉伯），59
孔雀石，22，39
恐龙，集群灭绝，10
库利南钻石，35
矿粉颜色，23
另请参见“颜色”
矿化过程，达罗尔火山，26
矿物，18~39
放射性，90~91
分类，20~23
光学性能，22~23
化学构成，17
结构，21
来源，5
物理性质，24~25

L

拉长石，31
蓝宝石，颜色，33
棱柱，30
巨人堤，65
离子键，28
立方晶系，30
砾岩（沉积岩），69
连续性，岩石层，53
料斗（采矿设备），85
裂缝，花岗岩，45
磷灰石，38
硬度，24
磷酸盐，38
菱镁矿，结构，21
菱锰矿，31
菱铁矿，结构，21
菱形晶系，31
流星撞击，尤卡坦半岛，10
硫化物，39
硫黄，19
硫酸钙，39
硫酸盐，39
六角晶系，30
卤化物，39
露天矿，82~83
罗迪尼亚（早期超大陆），8
落基山脉（北美），形成，10
铝，79
铝土矿，38
绿松石，33，38

M

玛瑙，23
结晶方式，43
麦加（沙特阿拉伯），克尔白的黑石，59
玫瑰红水晶，22
煤
沉积，70~71，77
开采，76~77，86~87
岩组，70~71
美利坚合众国
宾厄姆峡谷，82~83
大峡谷，52~53，66
黄金开采，84~85
科克斯克鲁峡谷，6~7，14~15
基拉韦厄火山，12~13
内弗辛克坑，40~41
内华达山脉，44~45
约塞米蒂国家公园，44~45
镁，78，79
猛犸象，11，91
糜棱岩，岩组，54
密度（矿物），25
灭绝：见“集群灭绝”
冥古代，8
莫氏硬度表，24~25，
金刚石，21
石墨，21
墨晶，22
墨西哥，尤卡坦半岛陨坑，10

N

纳巴泰人，佩特拉，74~75
南非
刚果岩洞，50~51
钻石，35

内部地球动力学，12
内弗辛克坑（美国阿拉巴马州），40~41
内华达山脉（美国），44~45
泥盆纪，9
泥炭沼（煤的形成），70
凝灰岩，碎屑岩，68

P

爬行动物
　白垩纪末期的集群灭绝，10
　中生代，10
潘诺西亚超大陆，9
佩特拉（约旦），74~75
喷出岩（火山岩），65
　岩石循环，57
　岩石周期，57
　岩组形成，12，42，43
喷发岩，岩组，12
片麻岩，72
　变质，73
　形成，8，55
片麻岩构成的苏格兰海岸，9，54~55
片岩，55
　类型，72~73
漂移（冰川），47
贫瘠土壤，56
瀑布
　形成，48
　约塞米蒂国家公园，44~45

Q

气体：见“石油”
汽车，原材料，78~79
千枚岩，岩组，54，72
前寒武纪，8
侵入岩（火成岩），64
　形成，12，42
　岩石周期，57
侵蚀，14，46
　岩石形成：见“沉积岩”
　土壤形成，56~57
氢氧化物，38
蚯蚓，腐殖质生产，57
区域变质作用，55
　另请参见“变质作用”
全新世，11

R

约翰·路德维格·贝克哈特，74
热带，红土带，56
热电现象，25
人类出现，11
溶岩滴丘，26，27
熔化（岩石），55
熔岩，43
软流圈，11

S

塞拉皮斯神（埃及），75
三叠纪，10
三角洲的形成，48
三斜晶系，31
三叶虫，9，52
沙漠，46
沙丘侵蚀，46
沙特阿拉伯，克尔白的黑石，59
砂石
　分类，69
　佩特拉，75
　乌卢鲁巨石，58~59
山脉
　形成，9，10，11，13
　另见具体山脉，如“内华达山脉”
珊瑚礁，66~67
上新世，11
石膏，39
　硬度，24
　用途，19
石灰石，68
　内弗辛克坑，40~41
　形成，66
　岩洞形成的周期，50
　伊克斯坦岩层，58
　钟乳石的形成，51
石榴石，颜色，33
石榴石片岩，72~73
石墨
　结晶晶系，21
　硬度，21
　用途，19
石笋，50
石炭纪，9
石英
　成分，17
　结构，37
　玛瑙，23
　颜色，22
　硬度，25
石英岩，73
石油（气）
　燃烧，78
　生产过程，88~89
　形成和储量，70~71
石柱（洞穴结构），50
史密森学会，希望之星钻石，35
始新世，10
双折射，23
水
　沉积物搬运，48~49
　洞穴的形成，50~51
　风化，15
　侵蚀，14
　溶岩滴丘，26~27
水力采矿法，85
水蚀过程，侵蚀，14
死火山口，43
四方晶系，31
碎裂岩，岩组，54
碎屑，碎屑岩，68~69
隧洞的形成，51

T

泰勒—伯顿钻石，35

碳矿物的结构，21
碳14测定法，53，91
碳化，70
碳氢化合物，78
碳酸盐，39
逃亡奴隶法案（美国加利福尼亚州），84
铁，79
同质多晶，21
铜，38
　采矿，82~83
土壤
　腐殖质，57
　类型，56
　剖面，57
　形成，56
托雷德裴恩国家公园（智利），16~17

W

维多利亚女王，光之山钻石，34
维拉德罗矿（阿根廷），80~81
伟晶岩，65
温度，变质程度，55
温度造成的影响，15
纹理（岩石），63，72
乌拉尔山脉，形成，9
乌卢鲁卡塔茱达国家公园（澳大利亚），58~59
无烟煤，71

X

X线衍射，22
　晶体结构确认，28
西伯利亚板块，乌拉尔山脉的形成，9
希克苏鲁伯（墨西哥），流星撞击，10
希望之星钻石，35
喜马拉雅山脉（亚洲），岩组，10
洗选流矿槽，85
细屑岩，68
峡谷
　宾厄姆峡谷，82~83
　大峡谷，52~53，66
　岩组，46，51
显微观测，72
霰石，化学结晶，21
斜辉石，36
新娘面纱瀑布（美国约塞米蒂国家公园），45
新生代，10~11
玄武岩，43
　火山喷发（玄武岩喷发），9
　岩组，12，65

Y

压电，25
压力，对岩石结构的影响，55
压实（沉积岩），49
亚历山大大帝，钻石谷，35
岩株（岩层），43
延伸的洞穴系统，50
岩床（岩组），42，65
岩洞形成的周期，50
岩盖，43
岩基，16，43
　约塞米蒂国家公园（美国），44
岩浆，岩石形成，42，43
　另请参见“火成岩”，“喷出岩”
岩浆作用，12
岩流圈（地球的地幔），12
岩脉，42，43，65
岩石，60~75
　变型：见“变质作用”
　鉴别，62~63
　矿物成分，62
　形成，16~17，62
　形状，62
　颜色，62
　另请参见具体岩石类型，如“花岗岩”
岩石圈，11
岩石周期（岩石循环），6~7，57
岩相显微镜，22
岩盐：见“盐”
岩株（岩层），43
盐（岩盐），19，20
　结构，21，28~29
　离子键，28
　提取，27
盐沉积，溶岩滴丘的形成，27
颜色
　矿物，22
　岩石，63
　另请参见“矿粉颜色”
阳离子，28
氧化物，38
叶理，72
页状剥落，24，63
伊克斯坦岩层（德国），58
伊丽莎白·泰勒，35
移民潮，黄金开采，84
异龙，10
阴离子，28
银
　开采，80~81
　树状结晶，20
印度，钻石历史，34
英国
　巨人堤，65
　王室的钻石所有权，34，35
萤石，硬度，24
硬度（矿物）
　金刚石，21
　莫氏硬度表，24
　石墨，21
　石英岩，73
硬石膏，39
永久冻土带，56
尤卡坦半岛（墨西哥），陨石撞击，10
铀，77
　处理，90
　医疗用途，91
有机岩，61，70
愚人金：见“黄铁矿”
原生矿物，20
原子，晶体结构，28~29
约旦，佩特拉废墟，74~75
约塞米蒂国家公园（美国），44~45
约瑟夫·亚塞，35
云母，17
云母片岩，72
运输，侵蚀物，15

Z

杂砂岩，69
造山运动，9
黏土
　高岭土，68
　结构，36
　细屑岩，68
折射，23
珍珠（形成），67
正电子放射体层摄影，91
正长石，硬度，25
志留纪，9
智利，托雷德裴恩国家公园，16~17
中生代，10
中新世，11
中部落基山脉（美国），岩组，10
终碛，47
钟乳石，50
　形成，51
重晶石，39
侏罗纪，10
珠母，67
紫水晶，22
　颜色，33
自色矿物，22
钻石（金刚石），32~35
　结构，21，30，33
　历史，34~35
　切割，33
　硬度，21，25
　钻石谷（传说），35